EXPERIENTIA

EST EXPERIENTIA SCIENTIA PARACELSUS

REVUE MENSUELLE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES
MONATSSCHRIFT FÜR DAS GESAMTE GEBIET DER NATURWISSENSCHAFT
RIVISTA MENSILE DI SCIENZE PURE E APPLICATE
MONTHLY JOURNAL OF PURE AND APPLIED SCIENCE

Editores:
A. v. MURALT · L. RUZICKA · J. WEIGLE
Bern Zürich Genève
Redactor: H. MISLIN, Basel

VERLAG BIRKHÄUSER AG. · BASEL 10
SUISSE - SCHWEIZ - SVIZZERA - SWITZERLAND

Vol. V - Fasc. 7 15. VII. 1949 Fr. 2.50

UNIVERSITY OF ... LIBRARY SEP - 8 1949

SOMMAIRE - INHALT - SOMMARIO - CONTENTS

H WINTERSTEIN: The "Reaction Theory" of Respiratory Regulation 261
H. E. SUESS: Die kosmische Häufigkeit der chemischen Elemente 266
H. AUTRUM: Neue Versuche zum optischen Auflösungsvermögen fliegender Insekten 271

Brèves communications - Kurze Mitteilungen - Brevi comunicazioni - Brief Reports

H. E. SUESS: Zur Frage nach dem Alter der Elemente 278
J. O. FLECKENSTEIN: Polhöhenschwankungen 1945/46 in Basel 279
CH. HAENNY et O. KLEMENT: Mesure du nombre de neutrons thermiques par la méthode photographique 281
CH. G. BOISSONNAS: Images latentes à la surface d'un macrocristal de bromure d'argent 282
TH. HÜGI und W. MEIER: Spektrographische Untersuchungen an schweizerischen Kupfererzen 283
M. GATES and W. F. NEWHALL: The Synthesis of Ring Systems Related to Morphine. II The Carbon-Nitrogen Ring System 285
H. C. BEYERMAN: Some Observations on the Oxidative Degradation of Cholesterol 286
F. CHODAT: Expression allométrique de la précocité d'un légume-racine (*Daucus*) 287
R. CIFERRI e F. BERTOSSI: Il teste di MACHT per il dosaggio dell'attività fitodinamica 289
S. DIJKGRAAF: «Spontane» Aktivität des Rückenmarks bei der Elritze 291
K. T. TCHENG: Terminaisons nerveuses sensitives dans l'épinèvre des nerfs cardiaques chez le Chat nouveau-né 292
J. S. MITCHELL: Histological Changes Produced by Large Doses of Tetra-sodium 2-methyl-1:4-naphthohydroquinone Diphosphate in some Human Tumours 293
H. GOLDMANN: Der Übertritt von Fluorescein aus dem Blut ins Kammerwasser des normalen Menschen 295
F. REUBI: L'action de quelques dérivés de l'ergot de seigle sur la circulation rénale 296
A. PAOLINI: Azione del 2-*N*-fenil-*N*-benzil-aminometil-imidazolo sulla diuresi sperimentale 297
J. H. MÜLLER und H. AEPPLI: Über die Verwendung von Radiojod (J^{131}) als Indikator der Schilddrüsenfunktion nach Einwirkung von Gonadotropin, männlichem und weiblichem Sexualhormon 297
J. DE LEY: H_2-Detection in the Warburg Constant Volume Respirometer (Pro Laboratorio) 299

Nouveaux livres - Buchbesprechungen - Recensioni - Reviews

Livres reçus – Eingegangene Bücher – Libri pervenutici – Books Received 300
Revues – Zeitschriften – Riviste – Journals 300

Informations - Informationen - Informazioni - Notes

Congrès – Corrigendum 300

EXPERIENTIA

EST EXPERIENTIA SCIENTIA PARACELSUS

L'EXPERIENTIA publiera:

1. des *articles originaux* sur les récentes recherches scientifiques écrits dans une des langues principales;
2. de *brèves communications;*
3. informera ses lecteurs des événements marquants de la vie scientifique, donnera des *comptes rendus concernant les récentes publications, les congrès et les assemblées.*

Die EXPERIENTIA stellt sich die Aufgabe:

1. durch *zusammenfassende Originalartikel* in einer der wissenschaftlichen Hauptsprachen von Autoren aus verschiedenen Ländern über Forschungsergebnisse berichten zu lassen, die im Vordergrund des Interesses stehen;
2. kurze *Mitteilungen* aufzunehmen;
3. durch Besprechung neuerschienener *Bücher*, durch Referate über *Kongresse* und *Versammlungen* sowie durch andere Mitteilungen über die bedeutendsten Ereignisse des naturwissenschaftlichen Lebens zu informieren.

EXPERIENTIA si propone di pubblicare:

1. *articoli originali riassuntivi*, in una delle principali lingue usate dalla scienza, ad opera di autori di diversi paesi, su risultati scientifici di grande interesse;
2. *brevi comunicazioni;*
3. *recensioni di nuovi libri, relazioni di congressi e riunioni*, come pure altre comunicazioni su importanti avvenimenti nel campo delle scienze naturali.

The aim of EXPERIENTIA is:

1. to publish comprehensive articles embodying the results of recent scientific research. These will be written in one of the principa scientific languages and contributed by authors in various countries;
2. to publish *brief reports;*
3. to give information about the most important events in natural science by means of *reviews of the latest books, reports on congresses and meetings*, as well as through other communications.

E X P E R.

L'EXPERIENTIA paraît le 15 de chaque mois. Vente et abonnement dans toutes les librairies suisses et étrangères, ou directement chez l'éditeur. Prix du numéro fr. 2.50. Abonnement pour un an fr. 24.— pour la Suisse; pour l'étranger fr. 28.—. Ces prix s'entendent en francs suisses.

Adresser toute correspondance touchant la rédaction de l'EXPERIENTIA exclusivement à l'éditeur soussigné.

Dernier délai d'admission pour les manuscrits: 35 jours avant la parution, c'est-à-dire le 10 du mois pour le numéro du mois suivant

Les auteurs recevront gratuitement, s'ils le désirent, 50 tirés à par. de format 14,5 sur 21 cm, sans couverture. Pour le prix d'un nombre plus grand et pour la couverture s'adresser à l'éditeur. Les tirages à part doivent être commandés *avant* l'impression du périodique.

Prix pour les annonces: $^1/_1$ page fr. 200.—, $^1/_2$ page fr. 120.—, $^1/_4$ page fr. 70.—. Placements spéciaux: prix sur demande. Demandes à l'éditeur.

L'EXPERIENTIA est imprimée en Suisse.

Editions Birkhæuser S.A., Bâle 10 (Suisse), Elisabethenstraße 15
Tél. 49800; adresse télégraphique: Edita Bâle

Die EXPERIENTIA erscheint am 15. jedes Monats und kann im In- und Auslande durch jede Buchhandlung oder direkt vom Verlag bezogen werden. In Belgien, Luxemburg, Dänemark, Schweden, Norwegen, Finnland, Tschechoslowakei, Portugal und Marokko nehmen auch die Postämter Bestellungen entgegen.

Der Abonnementspreis beträgt in der Schweiz Fr. 24.—, im Ausland sFr. 28.—; die Einzelnummer kostet Fr. 2.50.

Alle Zuschriften an die Redaktion sind ausschließlich an den Verlag zu richten. Redaktionsschluß 35 Tage vor Erscheinungstermin, d.h. am 10. des Monats für den folgenden Monat.

Die Autoren erhalten auf Wunsch 50 Gratisseparata im Format 14,5 × 21 cm, ohne Umschlag. Die Kosten für weitere Separata und für Umschläge sind beim Verlag zu erfragen. Separata sind *vor* dem Druck der Zeitschrift zu bestellen.

Insertionspreise: $^1/_1$ Seite Fr. 200.—, $^1/_2$ Seite Fr. 120.—, $^1/_4$ Seite Fr. 70.—; für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. Inseratenannahme durch den Verlag.

Die EXPERIENTIA wird in der Schweiz gedruckt.

Verlag Birkhäuser AG., Basel 10 (Schweiz), Elisabethenstraße 15
Tel. 49800; Telegrammadresse: Edita Basel

EXPERIENTIA esce al 15 di ogni mese e può esser richiesta ad ogni libreria svizzera o estera, o anche direttamente alla casa editrice. Il prezzo del singolo fascicolo è di fr. 2.50. L'abbonamento annuo è di fr. 24.— per la Svizzera; all'estero fr. 28.—. I prezzi vanno intesi in valuta svizzera.

Tutti gli invii alla redazione di EXPERIENTIA vanno indirizzati esclusivamente alla sottoindicata casa editrice.

La redazione di ogni fascicolo si chiude 35 giorni prima del termine di pubblicazione, cioè al 10 del mese, per il mese seguente.

Gli autori ricevono, su desiderio, 50 estratti del formato 14,5 × 21 cm, senza copertina. Il prezzo degli estratti in più e della copertina viene indicato, su richiesta, dalla casa editrice. Gli estratti vanno ordinati *prima* della stampa della Rivista.

Prezzi per annunci: $^1/_1$ pag. fr. 200.—, $^1/_2$ pag. fr. 120.—, $^1/_4$ pag. fr. 70.—; per pagine speciali, accordi da stabilire. Gli annunci sono da inviare alla casa editrice.

EXPERIENTIA si stampa in Isvizzera.

Casa editrice Birkhæuser S.A., Basilea 10 (Svizzera), Elisabethenstr. 15
Tel. 49800; Indirizzo telegrammi: Edita Basilea

EXPERIENTIA is published on the 15th of every month and can be obtained in any country through the booksellers or from the publishers. The price per number is fr. 2.50, by annual subscription by inland-mail fr. 24.—; other countries fr. 28.—. Prices in Swiss currency.

All communications to the editors should be addressed to the publishers. All manuscripts for publication in a given number must be in the hands of the publishers on the 10th of the preceding month.

The authors receive, on request, 50 reprints 14,5 × 21 cm without cover free of charge. For the prices of additional reprints and covers, inquiries should be addressed to the publishers. Reprints must be ordered *before* the number is printed.

Prices for advertising: $^1/_1$ page fr. 200.—, $^1/_2$ page fr. 120.—, $^1/_4$ page fr. 70.—. Advertisements should be sent to the publishers.

Published by Birkhäuser Ltd., Basle 10 (Switzerland), Elisabethenstr. 15
Phone 49800; Telegrams: Edita Basle

Printed in Switzerland / E. Birkhäuser & Cie., Basel

Verzeichnis der Inserenten – Liste des annonceurs – List of Advertisers – Experientia V/7

Ciba AG., Basel
Zivy & Cie., Basel
Steiner & Co., Basel
Schwitter AG., Basel
Kirchner AG., Bern
Trüb, Täuber & Co. AG., Zürich
Birkhäuser AG., Basel
E. Mettler, Zürich
Cilag AG., Schaffhausen

Universal-Kathodenstrahloszillograph

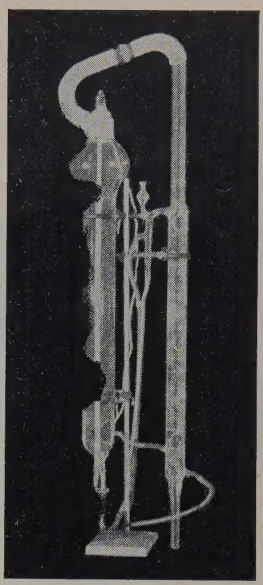
Der Oszillograph eignet sich besonders für Stossprüfanlagen und Untersuchungen von Abschaltvorgängen usw.

Seine Hauptdaten sind folgende:
Eingebaute Hochspannungsanlage für 15, 25, 35 und 45 kV.
Empfindlichkeit in V/mm:
für die Zeitachse:
0,55 × Anodenspannung in kV;
für die Meßspannung:
0,44 × Anodenspannung in kV.
Strichschärfe: 0,03—0,3 mm.
log. Zeitablenkung 1 µs—1000 µs
lin. Zeitablenkung 1000 µs—1 s
einmalig und wiederholt
Einschwingzeit: 0,2 µs
Registrierformat: 6 × 6 cm
Registriervermögen: 10—15 Perioden pro mm.

Trüb, Täuber & Co. AG.

Fabrik elektrischer Meßinstrumente und wissenschaftlicher Apparate, Zürich

Leistung:
2 und 4½ Liter/Std.

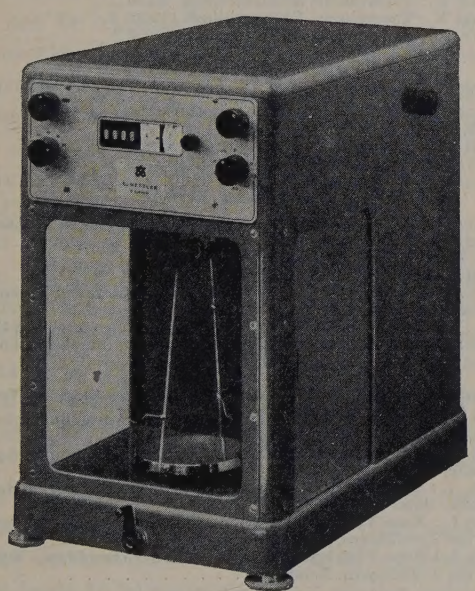


Elektrische Wasser-Destillierapparate

ganz aus Glas, mit patentiertem Quarzheizstab

CARL KIRCHNER AG., BERN

Telephon (031) 2 45 97 Freie Straße 12

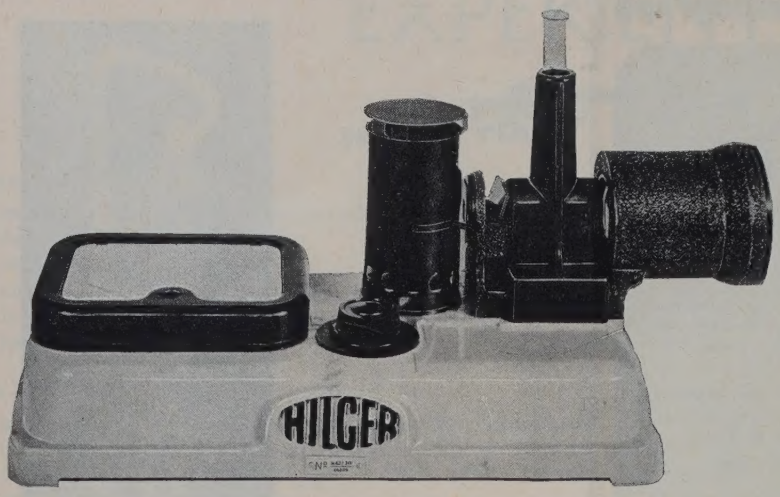


METTLER Analysenwaagen

Genau
Schnell
Sicher
Einfach

Für sämtliche analytischen und halbmikro-analytischen Arbeiten

Fabrik für Analysenwaagen
E. METTLER ZÜRICH
Pelikanstr. 19, Tel. (051) 25 25 70



INS

Das **HILGER**

BIOCHEM-KOLORIMETER

ist sowohl für **Reagenzröhrchen** als auch für planparallele **Küvetten** verwendbar. Es ist einfach, präzis, zeitsparend und kostet **Fr. 772.–.** Ab Lager lieferbar!

Basel **N. ZIVY & Cie** Spalenring 164 Telephon (061) 2 59 90

Bücher aus dem Verlag Birkhäuser

Lehrbücher und Monographien aus dem Gebiete der exakten Wissenschaft

	Fr.
MATHEMATIK	
ZWINGGI, E.: Versicherungsmathematik	27.—
FUETER, R.: Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes	22.50
LINDER, A.: Statistische Methoden für Naturwissenschafter, Mediziner und Ingenieure	18.50
OSTROWSKI, A.: Vorlesungen über Differential- und Integralrechnung, Band 1, Funktionen einer Variablen	47.50
OSTROWSKI, A.: Vorlesungen über Differential- und Integralrechnung, Band 2 und 3, Funktionen mehrerer Variablen	*
STIEFEL, A.: Lehrbuch der darstellenden Geometrie	28.50
CARATHÉODORY: Funktionentheorie	*
PHYSIK	
REICHENBACH, H.: Philosoph. Grundlagen der Quantenmechanik	23.—
GOMBAS, P.: Theorie- und Lösungsmethoden des Mehrteilchenproblems der Wellenmechanik	29.50
CHEMIE	
NIGGLI, P.: Grundlagen der Stereochemie	32.50
BRANDENBERGER, E.: Röntgenographisch-analytische Chemie	28.50
KARRER, P., und JUCKER, E.: Carotinoide	43.—
EXPERIMENTELLE BIOLOGIE	
GÄUMANN, E.: Pflanzliche Infektionslehre	48.50
LEHMANN, F. E.: Einführung in die physiologische Embryologie	38.—
MURALT, A. VON: Die Signalübermittlung im Nerven	38.50
GÄUMANN, E.: Die Pilze, ihre Entwicklungsgesch. und Morphologie	38.—
MINERALOGIE	
MOOS, A. VON, und QUERVAIN, F. DE: Technische Gesteinskunde	33.—
BURCKHARDT, J. J.: Die Bewegungsgruppen der Kristallographie	29.—
NIGGLI, P., und NIGGLI, E.: Gesteine und Minerallagerstätten. Band I	46.—
ASTRONOMIE	
PAHLEN, E. VON DER: Einführung in die Dynamik v. Sternsystemen	36.—
NIETHAMMER, TH.: Die genauen Methoden der astronomisch-geographischen Ortsbestimmung	32.—
WALDMEIER, M.: Einführung in die Astrophysik	47.50

Lehr- und Handbücher der Ingenieurwissenschaften

STÜSSI, F.: Vorlesungen über Baustatik	38.50
MEISSNER, E., und ZIEGLER, H.: Mechanik, Band 1, Statik	36.—
MEISSNER, E., und ZIEGLER, H.: Mechanik, Band 2, Dynamik	32.50
JAEGER, CH.: Technische Hydraulik	48.50
RUSTERHOLZ, A.: Elektronenoptik	*
KUHLMANN, K.: Theoretische Elektrotechnik, Band 1	*
KUHLMANN, K.: Theoretische Elektrotechnik, Band 2	26.50
KUHLMANN, K.: Theoretische Elektrotechnik, Band 3	*

Wissenschaft und Kultur

SPEISER, A.: Die mathematische Denkweise	14.50
FIERZ-DAVID, H. E.: Die Entwicklungsgeschichte der Chemie	21.50
GAMOW, G.: Geburt und Tod der Sonne	24.50
STRAUB, H.: Die Geschichte der Bauingenieurkunst	22.50
NIGGLI, P.: Probleme der Naturwissenschaften	18.50

Industrie und Technik

FIERZ-DAVID, H. E., und MERIAN, E.: Abriß der chemischen Technologie der Textilfasern	36.50
COHEN, A.: Rationelle Metallanalyse	46.—
STÄGER, H.: Allgemeine Werkstoffkunde	46.50
SCHMID, E. V.: Ins Innere von Kunststoffen, Kunstharzen und Kautschuken	18.50
MOSER A.: Der Dampfbetrieb der schweiz. Eisenbahnen 1847—1947	30.—
BODEA, E.: Giorgis rationales MKS-Maßsystem mit Dimensionskohärenz	24.50

Neueste Fortschritte und Verfahren in der chemischen Technologie der Textilfasern

DISERENS, L.: Die neuesten Fortschritte in der Anwendung der Farbstoffe, Band 1	68.—
DISERENS, L.: Die neuesten Fortschritte in der Anwendung der Farbstoffe, Band 2	78.—
DISERENS, L.: Die neuesten Fortschritte in der Anwendung der Farbstoffe, Band 3	*
DISERENS, L.: Neue Verfahren in der Technik der chemischen Veredlung der Textilfasern, Band 1	87.50
DISERENS, L.: Neue Verfahren in der Technik der chemischen Veredlung der Textilfasern, Band 2	*

Einzelwerke

SÄNGER, R.: Ballistische Störungstheorie	14.50
LOCHER-ERNST, L.: Differential- und Integralrechnung im Hinblick auf ihre Anwendung	48.—
HURWITZ, A.: Mathematische Werke	
Band 1: Funktionentheorie	44.—
Band 2: Zahlentheorie, Algebra, Geometrie	44.—
SCHLÄFLI, L.: Gesammelte mathematische Abhandlungen	*
THOMMEN, E.: Taschenatlas der Schweizer Flora	12.50
KALMUS, H.: Einfache Experimente an Insekten	*

* In Vorbereitung — * En préparation

Verlangen Sie unsern neuesten Verlagskatalog und Spezialprospekte der einzelnen Werke

Verlag Birkhäuser, Basel

Sämtliche Bücher können durch die Buchhandlungen bezogen werden

EXPERIENTIA

Vol. V - Fasc. 7 Pag. 261–300 15. VII. 1949

The "Reaction Theory" of Respiratory Regulation

By HANS WINTERSTEIN[1], Istanbul

(To be concluded).

The discovery of the reflex origin of the effect of O_2-lack makes inadmissible the original attempt of the Reaction Theory to attribute this effect to a centrogenic increase of C_H. So once more we stand before the question first formulated by PFLÜGER as to how the lack of a substance can act in an excitatory fashion. We can now pose the question whether our former explanation based on an accumulation of acid metabolic products during O_2-lack in the centres themselves cannot be applied to the aortic and carotic bodies. Can we not restate the Reaction Theory in such a way that the expression *glomerogenic* is substituted for the expression *centrogenic*?

A number of earlier experiments (see CORDIER and HEYMANS[2]) involving perfusion of the carotid sinus have demonstrated that the end-organs of the carotid nerve can be excited by an increase of C_H. SCHMIDT and coworkers[3] have shown that this is also true when all variations of CO_2-tension have been excluded. COMROE[4] has emphasized the fact that the sensitivity of the sinus nerves is sufficient to explain all cases of hyperpnœa during work attended by increase in blood-C_H.

That the same may well be the case in hyperpnœa due to O_2-lack has been indicated by a number of experiments from GESELL's laboratory:— WINDER[5] observed that anoxic excitation was either absent or eventually passed into a gradual depression when the isolated perfused sinus caroticus was poisoned with iodoacetic acid. From this she concluded that the anoxic stimulation of the chemoreceptors of the glomus caroticum depended on glycolytic processes, probably on a production of acid. Observations by WINDER and coworkers[6] that isolated ischæmia of the glomus leads to hyperpnœa, have similar indications. This is also true of the findings of BERNTHAL[7] concerning the behaviour of vascular reflexes originating from chemoreceptors. His researches showed that all factors producing an increase in C_H of the cell (anoxia, hypercapnia, cyanidæmia, excess of lactic acid) lead to an excitation of the vasoconstrictor centre, while factors producing a reduction of C_H resulted in vasodilatation. A rise of temperature which presumably leads to increase of C_H in the artificially perfused glomus is also followed by vasoconstriction and increase of respiratory movements; reduction of temperature has the opposite effect (BERNTHAL and WEEKS[1]).

However, much more convincing than these indirect conclusions are the experiments of EULER, LILJESTRAND, and ZOTTERMAN[2]. They measured the action potentials in the sinus nerves and showed that the impulses which are always present under normal conditions, became more frequent during oxygen lack as well as with increase of CO_2-tension and were abolished by increased pulmonary ventilation or oxygen supply. Reduction of the number of nerve fibres from which the impulses are led off, leads to a reduction in the frequency of the action potentials to an *equal* extent both for O_2-lack and stimulation by CO_2. This shows that the same nerve fibres are involved in the sensorial function, a fact to be expected from the Reaction Theory.

Still further, the action potentials produced by O_2-lack as well as by CO_2-stimulation vanish after injection of 0·5–2 ml of 0·5 *N* ammonia (the pressor effect remaining unaffected). In the same way action potentials caused by cyanide infusion can be eliminated by both O_2-supply and NH_3-injection. *All these experiments leave no other explanation possible except that it is the increase of C_H inside the glomus which causes nervous excitation both under conditions of increase of CO_2-pressure and under conditions of anoxæmia induced by a reduction of O_2-pressure. So even after the discovery of chemoreflex drives in regulation of respiration, the Reaction Theory retains its full validity, with the replacement of centrogenic by glomerogenic excitation.*

[1] Institute of Physiology, University of Istanbul.

[2] D. CORDIER and C. HEYMANS, *Le centre respiratoire* (Hermann & Cie, Paris 1935).

[3] C. F. SCHMIDT, J. H. COMROE jr., and R. D. DRIPPS, Proc. Soc. Exp. Biol. Med. *42*, 31 (1939).

[4] J. H. COMROE jr., Physiol. Reviews *24*, 319 (1944).

[5] CL. V. WINDER, Amer. J. Physiol. *118*, 389 (1937).

[6] CL. V. WINDER, TH. BERNTHAL, and W. F. WEEKS, Amer. J. Physiol. *124*, 238 (1938).

[7] TH. BERNTHAL, Amer. J. Physiol. *121*, 1 (1938).

[1] TH. BERNTHAL and W. F. WEEKS, Amer. J. Physiol. *127*, 94 (1939).

[2] U. V. EULER, G. LILJESTRAND, and Y. ZOTTERMAN, Skand. Arch. Physiol. *83*, 132 (1940).

Recently, GESELL[1] has attempted to replace the C_H-Theory of Respiratory Regulation by an *Acetylcholine Theory*, thus following the general fashion of referring all phenomena in the nervous system to acetylcholine. According to him, the effect of C_H depends on the anticholine-esterase activity of acids. In this way the level of concentration of acetylcholine produced and thereby the total magnitude and duration of excitation would be regulated. Indeed the prolongation of the effects of acetylcholine through an increase of C_H was proved in GESELL's laboratory in a number of investigations involving different organs.

But, a number of recent observations (see SÖZER and WINTERSTEIN[2]) make it appear doubtful whether acetylcholine is an "action substance" in the sense that it is the material responsible for conduction and transmission of excitation. Researches by HEYMANS and coworkers[3] have shown that different substances which completely abolish the activity of choline esterase leave breathing and respiratory reflexes unaffected. This result brings with it the conclusion that choline esterase plays no part, either direct or indirect, in the transmission of nerve impulses.

"Explanation" means reference of new phenomena to known principles. The action of C_H on the magnitude and speed of many chemical reactions, both in biology and in the chemistry of non-living systems, is a well-known phenomenon. The replacement of this widespread effect by a mechanism of which the general nature is unknown and whose existence is doubtful, appears to us at present to offer no advantage whatever.

When there is an adequate oxygen supply, the central respiratory control system continues to function even after permanent removal of the peripheral chemical regulatory mechanism (elimination of all chemoreceptors). This is true even when all *mechanical* regulation has ceased to function during artificial abolition of respiratory movements. WINTERSTEIN's experiment[4] proving the automatic nature of respiration—namely the continuation of action potentials in the phrenic nerve in curarized animals—is also successful after elimination of the chemoreceptors (WINTERSTEIN)[5]. Under these conditions too the magnitude of pulmonary ventilation is regulated by the C_H of the blood and vice versa. To what a precise degree this holds good even after elimination of the chemoreceptors was proved by the experiments of BANUS and coworkers[6]. In these experiments, after an intravenous injection of acid, increased ventilation —through a reduction of CO_2-tension—had restored the original p_H within 10–15 min. to within $\pm$ 0·01 p_H-units.

Similarly WINTERSTEIN[1] observed an *increase* of pulmonary ventilation and C_H of the blood, with simultaneous *reduction* of blood CO_2-tension, *during* injection of acid into animals whose chemoreceptors had been removed. This corresponds exactly to what happens in normal animals and shows once more that it is C_H and not carbonic acid which regulates the extent of breathing. WINTERSTEIN's observation on the effect of O_2-lack on animals without chemoreceptors take the form of a veritable *experimentum crucis* against the carbonic acid theory. In such animals, as we have seen, there is no sign of increase of respiratory movements, on the contrary, there is a *decrease of pulmonary ventilation* which leads to an *increase of* CO_2*-tension*. Thus in the first case there is a *reduction of* CO_2*-tension* and an *increase in respiratory movements*, and in the second case a *reduction of breathing* during *increase of* CO_2*-tension*. There could hardly be a clearer and more convincing demonstration of the *lack of dependance of pulmonary ventilation on carbonic acid*.

After removal of the chemoreceptors, the C_H of the blood usually decreases during oxygen-deficiency respiration, clearly as a result of the greater extent of reduction of oxyhæmoglobin. However, this is probably not sufficient to explain the reduction of pulmonary ventilation. It seems probable that, when the hypoxic reinforcement of respiratory movements by the chemoreceptors is no longer present, the amount of energy of oxidation at the disposal of the centres is no longer adequate to maintain their normal activity. Before the discovery of the effect of the chemoreceptors, GESELL and coworkers[2] had performed experiments in which the pulmonary ventilation was kept constant by artificial respiration with opened thorax. Under these circumstances oxygen-deficiency respiration leads to a reduction of oxygen consumption, and hence energy production calculated from it.

The chemoreflexes are characterized by their extraordinary powers of resistance. For these reasons it is possible to explain the observations mentioned above (see p. 224, 2nd col.), of a number of authors (COMROE and SCHMIDT[3], BENZINGER and coworkers[4], BEECHER and MOYER[5]), namely, that the respiratory centres lose their capacity to be influenced by carbonic acid during very deep anæsthesia, especially with certain specific anæsthetics. Under these conditions only the receptor reflexes produced by O_2-lack are maintained and may

[1] R. GESELL, CH. BRASSFIELD, and M. A. HAMILTON, Amer. J. Physiol. *136*, 604 (1942). – R. GESELL and E. T. HANSEN, Amer. J. Physiol. *144*, 126 (1945).

[2] F. SÖZER and H. WINTERSTEIN, Arch. int. Pharmacodyn. *73*, 159, 294 (1946).

[3] C. HEYMANS, R. PANNIER, and R. VERBEKE, Arch. int. Pharmacodyn. *72*, 405 (1946). – C. HEYMANS and J. JACOB, Arch. int. Pharmacodyn. *74*, 233 (1947).

[4] H. WINTERSTEIN, Pflügers Arch. *138*, 159 (1911).

[5] H. WINTERSTEIN, Arch. int. Pharmacodyn. *73*, 302 (1946).

[6] M. G. BANUS, H. H. CORMAN, V. P. PERLO, and G. L. POPKIN, Amer. J. Physiol. *142*, 121 (1944).

[1] H. WINTERSTEIN, (preliminary communication) XVII. Int. Congress of Physiol., Oxford, 1947, Abstr. Communic., p. 310.

[2] R. GESELL, H. KRUEGER, G. GORHAM, and TH. BERNTHAL, Amer. J. Physiol. *94*, 300 (1930).

[3] J. H. COMROE jr. and C. F. SCHMIDT, Amer. J. Physiol. *121*, 75 (1938).

[4] TH. BENZINGER, E. OPITZ, and W. SCHOEDEL, Pflügers Arch. 241, 71 (1938/39).

[5] H. K. BEECHER and C. A. MOYER, J. Clin. Invest. *20*, 549 (1941); C. A. MOYER, J. Thorac. Surgery *11*, 131 (1941); C. A. MOYER and H. K. BEECHER, J. Clin. Invest. *21*, 429 (1942).

even be accentuated. Their functional elimination by means of high O_2-pressures can bring respiratory movements to a complete standstill. So COMROE and SCHMIDT have designated the chemoreflexes as the *ultimum moriens* of the respiratory mechanism.

Recently, a number of fundamental investigations have appeared concerning *the part played in regulation of respiration by the directly central factors (hæmatogenically controlled) and by factors due to reflexes originating in the chemoreceptors (glomerogenically controlled factors)*.

GOLLWITZER-MEIER and LERCHE[1] performed experiments in which continuous p_H-measurements were made in the isolated carotid-sinus circulation as well as in the arterial blood of the general systemic circulation. They found that the respiratory centres possess a lower threshold than the chemoreceptors of the glomus caroticum during respiration of gas mixtures rich in CO_2, that is to say during *hæmatogenic* increase of C_H. On the other hand all investigations show complete agreement that the effect of O_2-tension is *glomerogenic*. GESELL and coworkers[2] as well as BJURSTEDT[3] have estimated the part played by chemoreceptors by means of reversible cold-block of the carotid nerves after section of the vagi. GERNANDT[4] discovered that the chemoreceptors could be selectively put out of action by local injection of 0·5 *N* acetic acid. This method made it also possible to estimate the part played by the different chemoreceptors, and to confirm the fact demonstrated by earlier experiments that the influence of the chemoreceptors of the glomus aorticum was very inferior to that of the chemoreceptors of the glomera carotica.

The reduction of breathing after elimination of the chemoreceptors shows that they are continually active under normal conditions. This fact already discovered by EULER and coworkers[5] in previously mentioned experiments, was confirmed by GESELL and coworkers and especially by the researches of GERNANDT.

In apparent contradiction we have the repeated observation of increase of respiratory movements in human beings breathing pure oxygen. This has been established by HECK[6], WATT and coworkers[7] and by ALVERYD and BRODY[8]. BINET and STRUMZA[9] were only able to observe a depressing effect of breathing oxygen in chloralized dogs, but not in the normal animal. One must bear in mind that breathing oxygen produces two opposed effects: — the elimination of the normal chemoreflex drive must have a reducing effect on pulmonary ventilation, whereas the decrease in reduction of oxyhæmoglobin must increase the difficulty of removal of carbonic acid and must therefore also increase the C_H of the tissues and so lead to a reinforcement of pulmonary ventilation. The end result will therefore depend on which of these factors predominates.

The reduction of respiratory movements on elimination of the chemoreceptors shows that the normal O_2-tension of the blood is sufficient for their excitation, an excitation which will become stronger and stronger the more the O_2-tension of the blood (and therefore in the glomus) falls. However, according to GESELL's school, this effect of stimulation of the chemoreceptors is also dependant on the prevailing CO_2-tension. The greater this CO_2-tension is, the smaller the influence of the chemoreceptors; the smaller it is, the greater their effect. Thus the apnœa caused by CO_2-lack due to hyperventilation is considerably prolonged by elimination of the chemoreceptors, and may even lead to death of the animal, as HEYMANS and JACOB[1] have shown.

With CO_2-pressures above 5–6% the chemoreceptors according to GESELL are completely ineffective, and regulation of respiration is purely central. However, as we have seen above, this is not the case during certain kinds of deep anæsthesia, where the respiratory centres have completely lost their sensitivity to CO_2, and respiration is only maintained by the more resistant chemoreceptors.

As accepted by GESELL too, the hyperpnœa of O_2-lack is purely glomerogenic, so that sudden cold-block of the carotid nerves produces an apnœa which may easily lead to the death of the animal.

BJURSTEDT[2] registered simultaneously the pulmonary ventilation, the oxygen saturation and the C_H of the blood of dogs, and investigated the effect of elimination of chemoreceptors by cold-block during acute O_2-lack and during O_2-lack lasting many hours.

The results of the experiments with acute O_2-lack agreed in essentials with those of GESELL and coworkers. After section of the vagi cold-block of the carotid nerves during hypoxic hyperpnœa produces a reduction of respiratory movements which goes entirely parallel to the increasing alkalinity of the blood, thus proving that the *central*[3] impulses are reduced ac-

[1] KL. GOLLWITZER-MEIER and E. LERCHE, Pflügers Arch. *244*, 145 (1941).

[2] R. GESELL, J. LAPIDES, and M. LEVIN, Amer. J. Physiol. *130*, 155 (1940).

[3] A. G. H. BJURSTEDT, Acta physiol. Scand. *12*, Suppl. *38*, 1 (1946).

[4] E. GERNANDT, Acta physiol. Scand. *11*, Suppl. *35* (1946).

[5] U. v. EULER, G. LILJESTRAND, and Y. ZOTTERMAN, Skand. Arch. Physiol. *83*, 132 (1940).

[6] E. HECK, Luftfahrtmedizin *6*, 105 (1942).

[7] J. G. WATT, P. R. DUMKE, and J. H. COMROE jr., Amer. J. Physiol. *138*, 610 (1943).

[8] A. ALVERYD and S. BRODY, Acta physiol. Scand. *15*, 140 (1948) (cf. Excerpta Med. Sect. II, *1*, 1443, Nr. 6372).

[9] L. BINET and M. V. STRUMZA, C. R. Soc. Biol. *141*, 3 (1947).

[1] C. HEYMANS and J. JACOB, Arch. int. Pharmacod. *75*, 111 (1947).

[2] A. G. H. BJURSTEDT, Acta physiol. Scand. *12*, Suppl. *38*, 1 (1946).

[3] Both BJURSTEDT and GESELL speak of *centrogenic* impulses. This expression seems to me inept and liable to lead to misunderstandings. I have introduced the expressions centrogenic and hæmatogenic *hyperpnœa* to characterize states in which the observed hyperpnœa was *primarily* due to changes in the metabolism of the centres or due to changes in the composition of the blood. *Respiratory drives* are always centrogenic, since they originate in the respiratory centres themselves. They may, however, be induced either directly *centrally* or by *way of reflexes* (glomerogenic).

cording to the lowering of the C_H. That this reduction is due to the change in C_H and not to a paralysis of the respiratory centres through O_2-lack is indicated by the following considerations:— the reduction of respiratory movements, which sometimes can lead to complete cessation of breathing, naturally produces a new rise in C_H; this leads to a new increase of respiratory movements; on the contrary if there were an anoxic paralysis of the centres this paralysis could only be increased by a reduction of pulmonary ventilation. Further as we shall presently see in discussing experiments on chronic oxygen lack, the reduction of C_H and suppression of respiratory movements becomes less the longer the duration of hypoxia, while a paralysing effect of O_2-lack should become more pronounced the longer it lasts. Hypoxic hyperpnœa, however, is itself entirely dependant on the chemoreceptors, and it can happen—as in GESELL's experiments mentioned above —that respiration is maintained entirely by the chemoreceptors (that is by glomerogenic drive) when the C_H of the blood is very low. Under these conditions elimination of chemoreceptor drive by cold-block can bring breathing to a standstill.

In hypoxia of long duration (9–10 hours) the alkalinity due to the hyperpnœa gradually disappears entirely, clearly by compensatory migration of alkaline materials from the blood. At the same time the glomerogenic chemoreflex drive becomes continually less, the central drive comes more and more into the foreground until at length it controls breathing almost completely. Then cold-block of the carotid nerve remains without effect. In one case it was possible to reverse the experiment so that, after hypoxia of five hours duration, followed by two hours respiring 100% O_2, the chemoreceptor block again became effective.

As a result of his experiments, BJURSTEDT comes to the conclusion that the activity of the centres is regulated by the C_H of the blood with which it goes completely parallel. So far it entirely supports the correctness of "WINTERSTEIN's first Reaction Theory" —namely of the regulation of breathing by the C_H of the blood. On the other hand, the effect of O_2-lack, depending as it does on chemoreceptors (i. e. the glomerogenic chemoreflex drive), in an exactly opposite fashion would be greater the more alkaline the blood is.

However, this conclusion of BJURSTEDT, based on the apparent parallelism between the glomerogenic chemoreflex drive and the alkalinity of the blood, stands in direct contradiction to experiments we have mentioned above (see p. 261). In these experiments— particularly of SCHMIDT and coworkers[1]—the excitatory effect of *increased* C_H was established for the artificially perfused sinus. BJURSTEDT's conclusion is also contradicted by certain observations which he himself has not contested:—ZOTTERMAN[1] demonstrated increase in the action potentials in the carotid nerves during CO_2-inspiration and intravenous injection of acid. Further EULER and coworkers[2], in experiments mentioned above (see p. 261), showed that action potentials caused by excess of CO_2 or O_2-lack could be abolished by NH_3-injections. It therefore seems clear that the experimental results have been misinterpreted by BJURSTEDT.

His own data show the way to a solution of this contradiction. He himself points out that the increase of glomerogenic drive with increasing alkalinity of the blood might be due to O_2-lack, since the O_2-*tension* of the blood falls with decrease of C_H, although the O_2-*saturation* may remain the same. He believes, however, that this explanation could not satisfy all cases, since sometimes hyperventilation continues to increase in spite of the increase in O_2-saturation to which it leads. As a direct proof of the dependance of the intensity of the glomerogenic drive on C_H in a sense *contrary* to that indicated by the Reaction Theory, BJURSTEDT quotes the following experiments:— in the course of respiration with reduced O_2-supply, he further lowered the latter by rebreathing, but in spite of the *increase of* C_H caused by this procedure, he noted a *reduction of hyperpnœa*. BJURSTEDT has clearly underestimated the extent of the effect of C_H on O_2-tension. We have attempted to calculate the changes in O_2-tension in this case which he considered to be so especially convincing. As a result we have found that, in spite of the *reduction of the* O_2*-saturation* of the blood, the increase in C_H has occasioned an *increase in* O_2*-tension*, which might well be sufficient to explain the decrease in glomerogenic drive and the consequent decrease of hyperpnœa.

The calculation was made on the basis of HILL's formula

$$\frac{y}{100} = \frac{K x^n}{1 + K x^n}$$

where x is the O_2-tension, y the O_2-saturation and n and K constants, and on the basis of the PETERS-BARCROFT graph, of which the coordinates are p_H and –log K. Here the unproved but (since we are dealing with comparative estimations) justifiable assumption has been made that the constants are the same for canine and human blood (see HASSELBALCH[3]). On this basis the O_2-tension *before* re-breathing was 23·2 mm Hg and *after* re-breathing 26·5 mm Hg.

If we summarize the results of all the investigations we have discussed, we get the following *picture of the chemical regulation of respiration.*

That activity of the respiratory centres which is of *central origin* goes entirely parallel with the reaction of the blood and, as far as *hæmatogenic regulation* of breathing is concerned agrees completely with the

[1] C. F. SCHMIDT, J. H. COMROE jr., and R. D. DRIPPS, Proc. Soc. Exp. Biol. Med. *42*, 31 (1939).

[1] Y. ZOTTERMAN, Skand. Arch. Physiol. *72*, 73 (1935).

[2] U. v. EULER, G. LILJESTRAND, and Y. ZOTTERMAN, Skand. Arch. Physiol. *83*, 132 (1940).

[3] K. A. HASSELBALCH, Biochem. Z. *78*, 134 (1916).

Reaction Theory. The effect of *lack of oxygen* is entirely reflex by way of the chemoreceptors, whose activity—again in complete agreement with the *Reaction Theory*—depends on the *intracellular hydrogen-ion concentration in the glomus*. This *glomerogenic regulation* of respiratory movements in hypoxia leads to increase of alkalinity of the blood on account of the induced hyperpnœa. This increase in alkalinity for its part reduces the oxygen tension of the blood for the same oxygen saturation, thus increasing again the intracellular C_H in the glomus and consequently reinforcing hyperpnœa by chemoreflex drive. Thus the apparent disadvantage of increase in alkalinity of the blood during hyperpnœa by oxygen lack proves in the end to be advantageous.

If one seeks for a teleological explanation of this peculiar mechanism of glomerogenic regulation of breathing, we may assume with GESELL[1] that a peripheral mechanism came into existence to protect the vitally important centres with their great oxygen demands—a mechanism which reacts with the greatest sensitivity to any reduction of oxygen tension. No special mechanism is necessary for the easily diffusible and relatively innocuous carbonic acid. Here, the great sensitivity of the respiratory centres to any change in C_H is sufficient to initiate any necessary changes in respiratory movements.

Zusammenfassung

Es ist seit langem bekannt, daß sowohl O_2-Mangel wie CO_2-Anhäufung eine Verstärkung der Atmung herbeiführen. Um die Wirkung dieser beiden Faktoren auf einheitlicher Grundlage zu erklären, wurde der Gedanke geäußert, daß O_2-Mangel die Erregbarkeit der Atmungszentren für CO_2 erhöhe oder umgekehrt. Aber Änderung der Erregbarkeit ist nichts anderes als eine Umschreibung der Beobachtung, daß die Wirkung eines Reizes unter bestimmten Bedingungen größer oder kleiner ist als unter anderen. Über die Ursache dieses Verhaltens wird nichts ausgesagt. Ein wirklicher Versuch, die Wirkungen dieser beiden Faktoren einheitlich zu erfassen, wurde durch die *Reaktionstheorie der Atmungsregulation* unternommen. Nach dieser Theorie beruht die erregende Wirkung der Kohlensäure auf ihrer Natur als *Säure* und jene des O_2-Mangels auf der Anhäufung *saurer* Stoffwechselprodukte in den Atmungszentren. Dies bedeutet, daß in beiden Fällen der wirksame Faktor von einer *Steigerung der* C_H dargestellt wird. Im ersteren Falle würde es sich um eine *hämatogene*, im zweiten um eine *zentrogene* Steigerung handeln.

Eine große Zahl von Beobachtungen sprechen zugunsten dieser Theorie, am überzeugendsten jene, in denen CO_2-Spannung und C_H sich in entgegengesetzter Richtung ändern und die Änderung der Lungendurchlüftung der letzteren parallel geht, wie dies bei Säureinjektion der Fall ist. Die scheinbar abweichende Wirkung von Bikarbonatinjektionen findet ihre Erklärung in der rascheren Diffusion der undissoziierten Kohlensäure. Die mangelhafte quantitative Übereinstimmung zwischen der Wirkung von $CaCl_2$- oder NH_4Cl-Azidosen einerseits und CO_2-Inhalationen andererseits läßt sich auf die Wirkung des eingebrachten Kations zurückführen.

Eine neue Periode der Lehre von der chemischen Atmungsregulation begann mit der Entdeckung der *Chemorezeptoren* (Karotis- und Aortennerven), besonders mit dem Nachweis, daß der Ursprung der *hypoxischen Hyperpnöe* nicht zentral ist, sondern im *Glomus aorticum* und vor allem in den *Glomera carotica* gelegen ist. Es war daher eine Modifikation der Reaktionstheorie erforderlich, in dem Sinne, daß die Steigerung der C_H, durch welche die hypoxische Hyperpnöe bedingt wird, nicht zentrogen, sondern *glomerogen* ist. Zahlreiche Beobachtungen sprechen für diese Auffassung. Der entscheidende Beweis ihrer Richtigkeit wurde durch die Feststellung geführt, daß die bei O_2-Mangel und die bei CO_2-Anhäufung erzeugten Impulse durch die gleichen Nervenfasern geleitet und beide durch NH_3-Injektion, also durch Herabsetzung der C_H, beseitigt werden. So bleibt also die Reaktionstheorie auch nach Entdeckung der Chemorezeptoren von Bestand, nur muß der Ausdruck *zentrogen* durch *glomerogen* ersetzt werden.

Nach Ausschaltung der Chemorezeptoren bleibt die automatische Tätigkeit der Atmungszentren unter gewöhnlichen Bedingungen erhalten und wird wie beim normalen Tier durch die C_H des Blutes reguliert. Hingegen bewirkt O_2-Mangel keine Hyperpnöe mehr; er kann sogar eine Hypopnöe herbeiführen, die zu einer Steigerung der CO_2-Spannung Anlaß gibt. Dies ist ein *experimentum crucis* gegen die CO_2-Regulationstheorie: Säureinjektion (mit oder ohne Ausschaltung der Chemorezeptoren) erzeugt eine Herabsetzung der CO_2-Spannung mit Atmungssteigerung; O_2-Mangel nach Chemorezeptorenausschaltung bewirkt eine Steigerung der CO_2-Spannung mit Atmungsverminderung.

Untersuchungen über den Anteil der direkt zentralen und der chemoreflektorischen Impulse an der Regulierung der Atmung ergeben, daß die ersteren gegen Kohlensäure eine niedrigere Reizschwelle zeigen als die letzteren und daß ihre Größe der C_H des Blutes völlig parallel geht. Sinkt diese unter ein gewisses Niveau, so wird die Atmung nur durch die Chemorezeptoren erhalten und erlischt bei deren Ausschaltung. – Die Wirkung des O_2-Mangels wird ausschließlich durch die Chemorezeptoren vermittelt, deren Tätigkeit von der intrazellularen C_H im Glomus abhängt. Die glomerogene Atmungsverstärkung bewirkt eine Alkalisierung des Blutes, die dessen O_2-Spannung herabsetzt. Diese Herabsetzung erzeugt wieder eine Steigerung der C_H im Glomus und dadurch eine weitere Verstärkung der Atmung. So steht die hypoxische Verminderung der Blut-C_H, die scheinbar der erforderlichen Atmungsverstärkung entgegenwirkt, in Wirklichkeit auch im Dienst der Atmungsregulation.

[1] R. GESELL, Ergebn. Physiol. *43*, 477 (1940).

Die kosmische Häufigkeit der chemischen Elemente

Von HANS E. SUESS[1], Hamburg

Die in der Natur vorkommenden Gesteine enthalten, entsprechend dem Satz von der «Allgegenwart» der chemischen Elemente, neben ihren Hauptbestandteilen praktisch alle Elemente als Verunreinigungen in größerer oder geringerer Konzentration. Das gilt natürlich auch für die aus dem Weltraum zu uns gelangenden Meteorite. Für die relativen Häufigkeiten, d. h. mittleren atomaren Konzentrationen sämtlicher Elemente, wie sie sich aus der durchschnittlichen Zusammensetzung der Meteorite ergeben, hat GOLDSCHMIDT[2] eine vollständige Tabelle angegeben, die wohl als die sorgfältigste Zusammenstellung dieser Art zu werten ist. Diese mittlere Zusammensetzung der Meteorite schien – und das ist auch der Grund, der GOLDSCHMIDT und vor ihm schon eine Reihe anderer Forscher[3] zu dieser schwierigen Untersuchung veranlaßt hat – eine sehr allgemeine Bedeutung zu besitzen, nämlich die, den mittleren chemischen Bestand an zur Kondensation gelangender Materie eines weiten Bereiches des uns umgebenden Universums widerzuspiegeln. GOLDSCHMIDT selbst hat die bereits früher vermutete Übereinstimmung der mittleren chemischen Zusammensetzung der Meteorite mit der der Erde durch eine Reihe von Untersuchungen und Argumenten plausibel machen können.

Kürzlich hat nun UNSÖLD[4] eine neue, sehr genaue Bestimmung der Konzentration einer größeren Anzahl von Elementen aus den Linienintensitäten im Spektrum der *Sonne* und einem etwas heißeren Fixstern, dem τ *Scorpii* ausgeführt. Die Genauigkeit dieser Bestimmungen dürfte etwa dieselbe sein wie die der GOLDSCHMIDTschen Angaben: der wahrscheinliche Fehler wird bei den häufigeren Elementen den Faktor 2 nicht erreichen, bei den selteneren Elementen mögen auch größere Abweichungen vorkommen. In der Tat stimmen die UNSÖLDschen Angaben sowohl für die Sonne als auch für τ Scorpii innerhalb der genannten Fehlergrenzen bei den zur Kondensation gelangenden Elementen überraschend gut mit den GOLDSCHMIDTschen Werten überein. Die Übereinstimmung der chemischen Zusammensetzung von vier weiteren Fixsternen mit der der Sonne ist von GREENSTEIN[1] angegeben worden.

Diese überraschende Gleichförmigkeit der mittleren chemischen Zusammensetzung sowohl der untersuchten Fixsterne als auch der meteoritischen und terrestrischen Materie findet eine befriedigende Deutung in der Annahme, daß diese chemische Zusammensetzung im wesentlichen der Häufigkeitsverteilung der Elemente entspricht, mit der sich die Elemente bei einem Entstehungsprozeß, der die Materie eines weiten Bereiches des Universums oder auch der ganzen Welt umfaßt haben mag, gebildet haben.

Bei einem solchen Prozeß der Elemententstehung wird – wie immer wir uns auch seinen Mechanismus vorstellen mögen – die Menge der einzelnen Atomkernsorten, die durch ihn gebildet werden, in irgendeinem Zusammenhang mit den kernphysikalischen Bestimmungsstücken und Eigenschaften dieser Kernsorten stehen. Als solche kämen in Betracht: Massenzahl, Bindungsenergie, Neutron/Proton-Verhältnis, eventuell auch Spin und Wirkungsquerschnitte für Kernreaktionen. Gelingt es, einen solchen Zusammenhang aufzudecken, dann wird man ihn als einen Beweis für unsere oben gemachte Annahme betrachten können, daß die für die Fixsterne und die Meteoriten ermittelten Häufigkeitsdaten in guter Näherung der urpsrünglichen Häufigkeitsverteilung der Elemente bei ihrer Entstehung entsprechen. Daß sich ein derartiger Zusammenhang in der Tat erkennen läßt, soll im folgenden gezeigt werden.

Die Häufigkeitsregeln

Die Häufigkeit der einzelnen Kernsorten ergibt sich aus den Werten für die Elementhäufigkeiten und aus den massenspektroskopisch bestimmten isotopischen Zusammensetzungen der einzelnen Elemente, und zwar mit einer Genauigkeit, die den Werten für die Elementhäufigkeiten entspricht, da die Fehler der massenspektroskopischen Bestimmungen relativ klein sind und vernachlässigt werden können. Suchen wir nun nach Regelmäßigkeiten in der Abhängigkeit der Kernhäufigkeiten von ihren kernphysikalischen Bestimmungsstücken, so müssen wir die Fehler in den Angaben der Elementhäufigkeiten in Betracht ziehen; die isotopische Zusammensetzung der einzelnen Elemente, d. h. die Häufigkeitswerte isotoper Kernsorten relativ zueinander, müssen wir hingegen als genau vorhergegeben betrachten. Denn wenn wir von der Annahme

[1] Institut für physikalische Chemie der Universität Hamburg, eingegangen im Oktober 1948.

[2] V. M. GOLDSCHMIDT, *Geochem. Verteilungsgesetze*, IX, (Videnskapsakademien, Oslo 1938).

[3] Vgl. z. B.: I. und W. NODDACK, Naturwiss. *8*, 757 (1920); A. E. FERSMAN, *Geochemie* (Leningrad 1934); sowie die Zusammenstellung von R. A. SONDER, Schweizer min. und petrogr. Mittlg. *28*, 528 (1938).

[4] A. UNSÖLD, Z. Astrophys. *21*, 1, 22 (1944); *24*, 306 (1946). Vgl. auch die grundlegenden Arbeiten von C. H. PAYNE, Harvard Obs. Mon. 1 (1925) und H. N. RUSSELL, Astrophys. J. *70*, 11 (1929) sowie B. STRÖMGREN, Festschrift (Kopenhagen 1940).

[1] J. L. GREENSTEIN, Astrophys. J. *107*, 151 (1948).

ausgehen, daß seit der Elemententstehung chemisch ähnliche Elemente nur geringfügige Entmischung erfahren haben, dann werden wir für die chemisch gleichartigen Isotope eines Elements Entmischungsvorgänge von vornherein ausschließen können[1].

Die Frage ist nun: Gibt es geeignete, der angegebenen Ungenauigkeit der Elementhäufigkeitswerte entsprechende Korrekturfaktoren, die, angewandt auf die Werte nach Goldschmidt (bzw. Unsöld), Regelmäßigkeiten im Häufigkeitsverlauf der einzelnen Kernsorten erkennen lassen? Eine reelle physikalische Bedeutung werden die Faktorenwerte sicherlich dann besitzen, wenn durch sie bei einem jeden Element mehrere Regelmäßigkeiten gleichzeitig zutage treten, oder, mit anderen Worten, wenn sich alle oder zumindest die Mehrzahl der erhaltenen Häufigkeitswerte für die einzelnen Isotope eines jeden Elements in die Regelmäßigkeiten einordnen. Es lassen sich nun in der Tat – was keineswegs selbstverständlich ist – Faktorenwerte ermitteln, die diese Bedingungen erfüllen und überdies für die Mehrzahl der Elemente die Fehlergrenzen der Goldschmidtschen Häufigkeitsangaben nicht überschreiten. Allein diese Tatsache liefert bereits den gesuchten Beweis dafür, daß die von Goldschmidt untersuchte mittlere chemische Zusammensetzung der Meteorite im wesentlichen kernphysikalisch bestimmt ist und somit der ursprünglichen Häufigkeitsverteilung der Elemente bei ihrer Entstehung nahekommt.

Die Korrekturfaktoren für die Goldschmidtschen Werte, deren Ermittlung im folgenden noch näher erläutert werden soll, sind in Tab. II angegeben. Die Häufigkeitswerte der einzelnen Kernsorten, die man aus den dort gleichfalls angegebenen korrigierten Häufigkeitswerten und den Daten für die isotopische Zusammensetzung[2] der Elemente erhält, lassen eine Reihe von überraschend einfachen Regelmäßigkeiten erkennen[3], wenn man die Kerne mit ungerader Massenzahl einerseits und die *doppelt geraden* Kerne, d. h. die Kerne mit gerader Protonen- und Neutronenzahl andererseits gesondert betrachtet. Die Häufigkeitsregeln lauten[4]:

1. Die Häufigkeitswerte der Kerne mit *ungerader* Massenzahl bilden eine glatte Funktion der Massenzahl.

Zusatz: Existieren für eine Massenzahl zwei Isobaren[1] dann gilt diese Regel für die Summe ihrer Häufigkeiten.

2. Die Häufigkeitswerte der *doppelt geraden* Kerne liegen in einem (dreidimensionalen) N–Z-log-H-Diagramm auf einer glatten Fläche.

Zusatz: Das bedeutet u. a.: Die Häufigkeitswerte der Kerne mit gerader Massenzahl und gleichem Neutronenüberschuß bilden eine glatte Funktion der Massenzahl.

3. Für Massenzahlen größer als 88: Die Summen der Häufigkeiten der Isobaren aller, auch gerader Massenzahlen bilden eine glatte Funktion der Massenzahl.

Diese Stetigkeitsregeln besitzen an einer Reihe von Stellen Ausnahmen. Die Häufigkeitswerte ändern sich dort in Abhängigkeit von der Massenzahl sprunghaft. Diese Stellen treten jedoch nicht regellos auf und scheinen einer sprunghaften Änderung im Kernbau zu entsprechen. Die Sprünge treten vor allem an Stellen auf, an denen die Kerne eine bestimmte «ausgezeichnete» Anzahl von Protonen oder Neutronen enthalten, und zwar erscheint meist sowohl für die Protonen als auch für die Neutronen die gleiche Zahl ausgezeichnet (vgl. Abb. 1). Die Zahlen, die sich nach einem einfachen Bildungsgesetz ergeben[2], versprechen, einen tieferen Einblick in die Struktur der Atomkerne zu vermitteln.

Das hier geschilderte generelle Bild vom Häufigkeitsverlauf in Abhängigkeit von der Massenzahl gestattet es nun, die genannten Korrekturfaktoren für die Goldschmidtschen Werte durch graphische Interpolation fast zwangsläufig festzulegen. Man trägt hierzu zweckmäßig die aus dem Goldschmidtschen oder Unsöldschen Häufigkeitswert und der isotopischen Zusammensetzung der Elemente berechneten Kernhäufigkeiten in ein log-H–A-Diagramm ein und versucht, durch möglichst geringes Verschieben der jeweils zu einem Element gehörenden Punkte sowohl für die Werte bei den ungeraden Massenzahlen als auch für die zu Kernen mit gleichem Neutronenüberschuß gehörenden Punkte bei den geraden Massenzahlen einen stetigen Linienzug zu erreichen. Für die schwereren Elemente mit gerader Ordnungszahl bedeutet dies, daß für eine derartige Ausgleichung etwa 3 bis 6 Linienzüge zur Verfügung stehen, die unter der Nebenbedingung möglichst geringer Korrekturen zu einem fast zwangsläufigen Festlegen der Häufigkeitswerte führen. Als nachträgliche Bestätigung für die Richtigkeit des Verfahrens ergibt sich dann im Gebiet der schwereren Kerne der durch Regel 3 gekennzeichnete Sachverhalt, daß die Häufigkeitssummen der Isobaren ihrerseits wieder einen stetigen Verlauf mit der Massenzahl aufweisen (siehe Abb. 2).

Das ermittelte Gesamtbild der kosmischen Kernhäufigkeiten läßt nun eine Reihe von weiteren Zusammenhängen und Regelmäßigkeiten erkennen. So ergibt sich bei den schwereren Kernen ($A > 88$) eine

[1] Ausgenommen sind die leichten Elemente bis etwa zum Sauerstoff, bei denen Kernumwandlungen im Innern von Sternen möglich sind. Im übrigen ergab ein Vergleich der isotopischen Zusammensetzung von Elementen aus irdischer und meteoritischer Materie in keinem Falle einen über die nur wenige Promille betragende Fehlergrenze hinaus gehenden Unterschied. (Vgl. z. B.: H. Brown und M. G. Inghram, Phys. Rev. *72*, 347 [1937]).

[2] J. Mattauch und S. Flügge, *Kernphysikalische Tabellen* (Berlin 1942).

[3] H. E. Suess, Z. Naturforschg. *2a*, 311, 604 (1947).

[4] Bezeichnungsweise: Die Massenzahl $A = N + Z$ gibt die Anzahl der Nukleonen (Neutronen plus Protonen) im Kern an; sie entspricht dem abgerundeten Atomgewicht in Einheiten des Wasserstoffatoms. N ist die Neutronenzahl, Z die Protonenzahl eines Kerns. Z ist durch die Ordnungszahl des betreffenden Elementes im periodischen System gegeben. $N-Z$ ist der Neutronenüberschuß eines Kerns, H die kosmische Häufigkeit, bezogen auf die Gesamthäufigkeit von Si gleich 100.

[1] Das ist der Fall bei den Massenzahlen 87, 113, 115, 123 und 186.

[2] O. Haxel, J. H. D. Jensen und H. E. Suess, Naturwiss. *35*, 376 (1948), sowie Phys. Rev., im Erscheinen.

Tabelle I. Dekadische Logarithmen der relativen Atomhäufigkeiten der leichten Elemente[1]

Z	Element	Sonne Unsöld	Sonne Strömgren	τ Scorpii Unsöld	Meteorite Goldschmidt
1	H	—	6,45	6,21	—
2	He	—	—	5,46	—
3	Li	—	—	—	–2
4	Be	—	—	—	–2,7
5	B	—	—	—	–2,62
6	C	2,74	—	2,45	–0,48
7	N	3,06	—	2,79	—
8	O	3,18	—	3,2	2,54
9	F	—	—	—	–0,82
10	Ne	—	—	3,26	—
11	Na	0,73	0,39	—	0,65
12	Mg	1,96	2,03	1,87	1,94
13	Al	0,78	—	0,77	0,94
14	Si	1,74	—	2,01	2
15	P	—	—	—	–0,23
16	S	1,37	—	—	1,06
17	Cl	—	—	—	–0,41
18	Ar	1,2[2]	—	—	—
19	K	–0,35	–0,25	—	–0,16
20	Ca	0,68	0,66	—	0,76

deutliche häufigkeitsmäßige Bevorzugung der neutronenreicheren Kerne, wie sie in den folgenden beiden Sätzen zum Ausdruck kommt:

1. Für jede Massenzahl ist das Isobar mit dem geringsten Neutronenüberschuß das seltenste.

Zusatz: Diese Regel gilt für gerade und ungerade Massenzahlen $A > 70$ und besitzt nur vier Ausnahmen bei $A = 76$, 110, 116 und 142.

2. Wächst der energetisch günstigste Neutronenüberschuß stark mit der Massenzahl ($dN/dZ \approx 2$ bis 3), dann steigt die Häufigkeitssumme der Isobaren mit zunehmender Massenzahl. Wächst der energetisch günstigste Neutronenüberschuß nur schwach ($dN/dZ \approx 1$ bis 2), dann sinkt die Häufigkeit mit zunehmender Massenzahl.

Zusatz: Ausnahmen bilden die Häufigkeitssprünge bei den «ausgezeichneten» Nukleonenzahlen mit ausgeprägten Häufigkeitsverminderungen in gewissen Zwischengebieten.

Die beiden Abbildungen lassen auch die Gültigkeit der bekannten Harkinsschen Regel klar erkennen, der nunmehr die folgende, kernphysikalisch einfachste Fassung gegeben werden kann:

Die Summe der kosmischen Häufigkeiten der Isobaren einer geraden Massenzahl ist stets größer als der Mittelwert der Häufigkeiten der Kerne der beiden ihr benachbarten ungeraden Massenzahlen.

Zusatz: Der Unterschied wird mit zunehmender Massenzahl geringer und verschwindet stellenweise im Gebiet der schweren Kerne (Abb. 1).

[1] Die Angleichungsfaktoren der astronomischen Daten an die Goldschmidtschen Werte (Normierung: $\log H\,(\mathrm{Si}) = 2$) stimmen mit den von Unsöld (Z. Astrophys. *24*, 306 [1948]) angenommenen überein.

[2] Interpoliert.

Tabelle II. Dekadische Logarithmen der relativen Atomhäufigkeiten der Elemente[3]

Z	Element	Sonne Unsöld	Meteorite Goldschmidt	Ausgeglichene Werte	Korrekturfaktor
21	Sc	–2,22	–2,82	—	—
22	Ti	–0,59	–0,33	—	—
23	V	–1,5	–1,89	—	—
24	Cr	0,03	0,05	—	—
25	Mn	–0,09	–0,18	—	—
26	Fe	2,17	1,95	—	—
27	Co	–0,52	–0,46	—	—
28	Ni	0,4	0,66	—	—
29	Cu	–1,32	–1,34	–1,64	0,5
30	Zn	–0,77	–1,44	–0,82	4,2
31	Ga	—	–3,08	–2,21	7,4
32	Ge	—	–1,73	–1,73	1
33	As	—	–2,47	–2,47	1
34	Se	—	–2,83	–1,59	17,4
35	Br	—	–2,37	–2,37	1
36	Kr	—	—	–1,82	—
37	Rb	—	–3,17	–2,77	2,5
38	Sr	–2,20	–2,40	–2,34	1,15
39	Y	–2,34	–3,01	–3,01	1
40	Zr	–3,18	–1,86	–2,20	0,46
41	Nb	—	–3,16	–3,25	0,81
42	Mo	–3,77	–3,02	–2,58	2,8
43	Tc	—	—	—	—
44	Ru	—	–3,44	–3,29	1,4
45	Rh	—	–3,86	–3,86	1
46	Pd	—	–3,6	–3,25	2,2
47	Ag	—	–3,49	–3,63	0,72
48	Cd	—	–3,59	–3,06	3,4
49	In	—	–4,64	–3,89	5,6
50	Sn	—	–2,54	–2,80	0,55
51	Sb	—	–4,14	–4,14	1
52	Te	—	–4,7	–2,86	69
53	J	—	–3,87	–3,87	1
54	X	—	—	–3,20	—
55	Cs	—	–5	–4,45	3,5
56	Ba	–2,6	–3,08	–3,08	1
57	La	—	–3,68	–3,68	1
58	Ce	—	–3,28	–3,28	1
59	Pr	—	–4,02	–4,02	1
60	Nd	—	–3,48	–3,48	1
61	Pm	—	—	—	—
62	Sm	—	–3,94	–3,94	1
63	Eu	—	–4,55	–4,55	1
64	Gd	—	–3,78	–3,78	1
65	Tb	—	–4,28	–4,43	0,7
66	Dy	—	–3,69	–3,69	1
67	Ho	—	–4,24	–4,30	0,9
68	Er	—	–3,79	–3,79	1
69	Tm	—	–4,54	–4,54	1
70	Yb	—	–3,82	–3,75	1,2
71	Cp	—	–4,31	–4,31	1
72	Hf	—	–3,82	–3,62	1,6
73	Ta	—	–4,4	–4,4	1
74	W	—	–2,84	–3	0,7
75	Re	—	–6,74	–4,65	130
76	Os	—	–3,76	–3,76	1
77	Ir	—	–4,24	–4,00	1,8
78	Pt	—	–3,54	–3,54	1
79	Au	—	–4,24	–4,24	1
80	Hg	—	–4,52	–4,12	2,5
81	Tl	—	–4,77	–4,17	4
82	Pb	–3	–3,04	—	—
83	Bi	—	–4,95	—	—
90	Th	—	–4,2	—	—
92	U	—	–4,6	—	—

[3] Normierung wie in Tab. I. Für die Goldschmidtschen Werte ist der Logarithmus der Gesamthäufigkeit des Si gleich 2 gesetzt; der Angleichungsfaktor für die Daten der Sonne ist der Arbeit von Unsöld, l. c., entnommen. Multiplikation der Goldschmidtschen Werte mit den in der letzten Spalte angeführten Korrekturfaktoren ergibt die angegebenen «ausgeglichenen» Werte. Diese unterscheiden sich im allgemeinen nur unwesentlich von den in der Z. Naturforsch. *2a*, 606 (1947) angegebenen vorläufigen Werten. Sie sind durch erneute Überarbeitung unter Berücksichtigung einiger weiterer Gesichtspunkte gewonnen worden.

Die Elementhäufigkeitswerte

In Tab. I sind die dekadischen Logarithmen der kosmischen Häufigkeiten der leichten Elemente bis zum Kalzium nach verschiedenen Autoren, bezogen auf die Gesamthäufigkeit von Silizium gleich 2, angegeben. Wie man sieht, stimmen die verschiedenen Angaben außerordentlich gut überein. Die Werte sind für diese leichten, häufigen Elemente besonders genau bestimmt und können durch Ausgleichungen kaum weiter verbessert werden. Nur für Argon, für das kein anderer Wert zur Verfügung steht, wurde der angegebene Wert durch Interpolation gewonnen. Hierbei ist natürlich die abnorme Häufigkeit des Ar^{40}, die lediglich terrestrische Bedeutung besitzt, nicht berücksichtigt.

Wie der Tab. II zu entnehmen ist, die die Häufigkeitswerte der weiteren Elemente enthält, kommt man bei der Mehrzahl der Elemente in der Tat mit Korrekturfaktoren aus, die durchaus der Ungenauigkeit der Goldschmidtschen Abschätzungen und Mittelwertbildungen aus stark streuenden Analysenergebnissen entsprechen. Für eine ganze Reihe von Elementen passen die Goldschmidtschen Angaben unmittelbar ohne weitere Korrektur in das Gesamtbild, und zwar die für die seltenen Erden, für die Halogene, für As und Sb sowie für eine Reihe von Edelmetallen. Für einige andere Elemente hingegen erscheinen die Goldschmidtschen Werte um rund eine Größenordnung zu nieder, so daß angenommen werden muß, daß die relativen Konzentrationen dieser Elemente in den Meteoriten bedeutend geringer sind als die, mit der sie entstanden sind. Das gilt für Se, Te, Zn, Cd, Hg, Ga, In, Tl, für Re und vermutlich auch für Mo. Bei diesen «defizienten» Elementen handelt es sich im wesentlichen um chemisch homologe Gruppen, die alle zu der

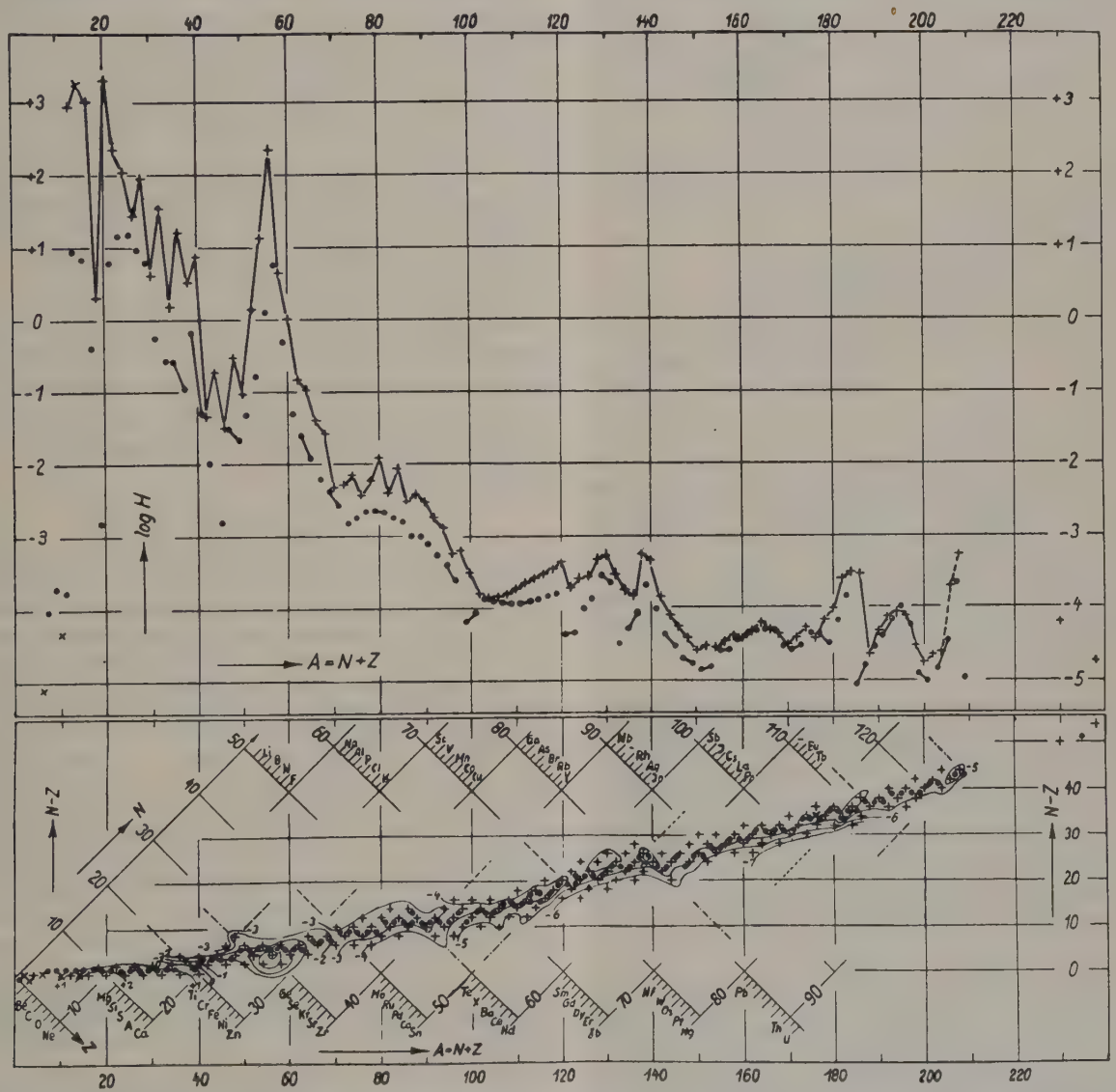


Abb. 1. Oberer Teil: Logarithmus der Summe der Häufigkeiten von Isobaren in Abhängigkeit von der Massenzahl A. Die Werte für die geraden Massenzahlen (Kreuze) sind verbunden. Bei den ungeraden Massenzahlen sind nur die zum gleichen Element gehörenden Punkte verbunden. Die Werte für die leichten Elemente nach Unsöld (Sonne) nach Tab. I, wo diese fehlen, nach Goldschmidt: für die Werte der schwereren Kerne sind die in Tab. II angegebenen ausgeglichenen Werte verwendet worden.
Unterer Teil: Hier ist die Lage der stabilen und fast stabilen Kerne in einem A/N–Z-Diagramm (gleichbedeutend einem um 45° gedrehten N/Z-Diagramm) eingezeichnet. Linien gleicher Häufigkeit für jede volle Zehnerpotenz sollen qualitativ zeigen, wie sich die im oberen Teil aufgetragene Gesamthäufigkeit bei jeder Massenzahl auf die einzelnen Isobaren verteilt. Die Darstellung läßt die «ausgezeichneten» Neutronen- und Protonenzahlen deutlich hervortreten.

gleichen geochemischen Klasse, nämlich der der «chalkophilen» Elemente gehören.

Zur Frage der Genauigkeit, mit der die angegebenen ausgeglichenen Häufigkeitswerte die wahren relativen Elementhäufigkeiten im Kosmos wiedergeben, ist zu sagen, daß im allgemeinen die Werte benachbarter Elemente relativ zueinander innerhalb weniger Prozente als feststehend betrachtet werden können; nur an Stellen mit starken Häufigkeitsänderungen, wie etwa zwischen Sn und Te oder im Gebiet des Zr oder des W,

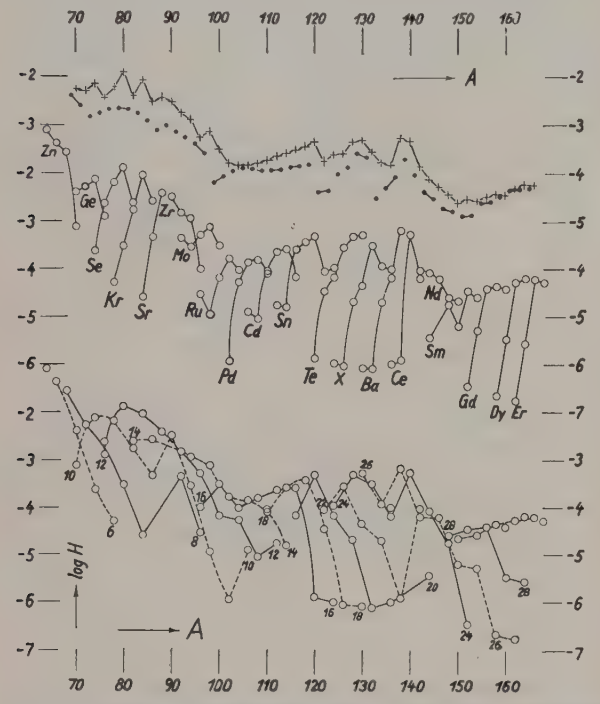


Abb. 2. Im obersten Teil sind wie in Abb. 1 (oben) die Summen der Häufigkeiten von Isobaren in Abhängigkeit von der Massenzahl aufgetragen. Im mittleren Teil sind die einzelnen Isobarenhäufigkeiten der Kerne gerader Massenzahl gesondert aufgetragen und die zu den gleichen Elementen gehörenden Punkte verbunden. Ebenso im untersten Teil, jedoch sind hier die Werte für die Kerne mit gleichem Neutronenüberschuß $N-Z$ verbunden. Für die einzelnen Linienzüge sind die Neutronenüberschußwerte angegeben. Zugrunde gelegt sind die ausgeglichenen Elementhäufigkeiten nach Tab. II.

mag die Unsicherheit in der Zuordnung der Häufigkeitswerte 50% oder mehr betragen. Jedoch entspricht natürlich der angegebene Gesamtgang im Häufigkeitsverlauf über weitere Gebiete von Ordnungszahlen, ebenso wie das Mengenverhältnis der leichten Kerne zu den schweren, der Genauigkeit der Goldschmidtschen Angaben. Verbesserungen in den empirischen Häufigkeitsdaten[1] werden daher vielleicht noch Veränderungen bis zu etwa einem Faktor 2 in den Werten für Gruppen benachbarter Elemente mit sich bringen, Im Gesamtbild der kosmischen Kernhäufigkeiten, wie es Abb. 1 vermittelt, werden hierdurch kaum wesentliche Änderungen eintreten.

Abschließend noch einige Worte zur Frage der Entstehung der Elemente: Es ist klar, daß die genaue Kenntnis der Systematik der Häufigkeitsverteilung der Kerne auch im Hinblick auf diese Frage wertvolle Hinweise vermitteln wird. Freilich fehlen heute noch zu einem vollkommenen Verständnis der Genesis der vorliegenden Häufigkeitsverteilung einige grundlegende Daten über Kerneigenschaften. Das Bild, das uns die Kernhäufigkeiten bietet, läßt jedoch unmittelbar erkennen, daß die Temperatur während des Entstehungsprozesses so hoch gewesen sein muß, daß sich der überwiegende Teil der Kerne in angeregten Zuständen befand; denn sonst müßten sich die individuellen Eigenschaften der Grundzustände der Kerne, wie Spin und Wirkungsquerschnitt für Kernreaktionen, in ihrer Häufigkeit widerspiegeln und der glatte Verlauf der Häufigkeitswerte mit der Massenzahl wäre kaum zu verstehen. Ferner deutet die starke Abhängigkeit der Kernhäufigkeit vom energetisch günstigsten Neutronenüberschuß darauf hin, daß während der Entstehung der schwereren Kerne freie Neutronen eine Rolle gespielt haben müssen[1].

Eine weitere Frage, zu deren Beantwortung die Kenntnis der Kernhäufigkeiten neue Gesichtspunkte eröffnet, ist die nach dem Zeitpunkt der Elemententstehung. Sie soll in einer gleichzeitig in dieser Zeitschrift erscheinenden kurzen Mitteilung gesondert behandelt werden.

Summary

By multiplying by certain factors of correction Goldschmidt's or Unsöld's values for the relative abundance of the elements, a general and coherent picture of the abundance of nuclei can be derived showing that simple rules hold for the abundance of the different types of nuclei. From the fact, that these factors of correction are small and within the limits of error for the majority of the elements, it is to be concluded that the values given by these authors are not far from representing the relative amounts in which the elements originally have been formed. For a small number of elements a comparatively large correction of Goldschmidt's values is needed, but these elements do nearly all belong to the same geochemical group, viz. that of the „calcophile" elements. Revised abundance values are tabled, including those for the rare gases. Two plots illustrate the general picture of nuclear abundance. Reference is made to the significance of this picture as a lead towards better theoretical understanding of the structure of the nuclei, and of the formation of the elements.

[1] Erwünscht wäre vor allem eine bessere Kenntnis des Häufigkeitsverhältnisses von chemisch homologen Elementen in den Meteoriten, wie von Sc: Y: seltenen Erden, von Zr:Hf und von den Edelmetallen. Ferner gilt das Verhältnis der Mengen der drei meteoritischen Phasen (Metall:Sulphid:Stein) noch als unsicher. In einer Tabelle von Harrison Brown (Chicago) vom Januar 1948 wird das Verhältnis Metall zu Stein um einen Faktor 2,5 höher angenommen. Dann wären, wie eine nähere Untersuchung zeigt, die hier angegebenen ausgeglichenen Werte im Mittel um etwa einen Faktor 1,6 (der log um 0,2) zu erhöhen. Herrn Dr. Brown danke ich für die Zusendung seiner Tabelle im Manuskript.

[1] Näheres hierüber bei J. H. D. Jensen und H. E. Suess, Naturwiss. *34*, 131 (1947). Dort auch weitere Literaturangaben. Vgl. auch die kürzlich erschienene Arbeit von R. A. Alpher, H. Bethe und G. Gamow, Phys. Rev. *73*, 803 (1948). R. A. Alpner, Phys. Rev. *74*, 1577 (1948).

Neue Versuche zum optischen Auflösungsvermögen fliegender Insekten

Von Hansjochem Autrum[1], Göttingen

Das Auge der Insekten besteht aus einzelnen Sehelementen, den Ommatidien, deren Sehwinkel im allgemeinen in der Größenordnung von 1° liegen[2]. Infolgedessen ist das räumliche Auflösungsvermögen der Insektenaugen im Vergleich zu dem der Wirbeltieraugen sehr gering: Die «Sehschärfe» der Biene beträgt etwa $^1/_{80}$ der menschlichen Sehschärfe. Das ruhende Bild zeigt verhältnismäßig wenige Einzelheiten (Exner[3]).

Im folgenden wird ausgeführt, daß diese Untüchtigkeit im Fall der fliegenden Insekten nur scheinbar ist; daß sie im Zusammenhang mit anderen Eigenschaften des Insektenauges dazu dient, die Sehleistung geradezu zu verbessern.

Das Formensehen der Insekten ist an ihre Eigenbewegung gebunden, und zwar werden die figuralen Eigenschaften der Sehdinge in der Hauptsache durch die Häufigkeit der Reizwechsel in den einzelnen Ommatidien bestimmt[4]. Jede Kontur ruft infolge der Eigenbewegung des Insekts zeitlich aufeinanderfolgende Reizwechsel in den einzelnen Ommatidien hervor. Die Zahl der Reizwechsel ist durch den Reichtum der Figuren an Konturen (figurale Intensität, Hertz[5]) besimmt. Je mehr Konturen eine Figur hat – etwa ein Schachbrettmuster gegenüber einem flächengleichen Quadrat –, um so größer ist ihr «Reizwert».

Da die räumlich nebeneinander angeordneten Figurenelemente beim Fliegen zeitlich nacheinander in den einzelnen Sehelementen erscheinen, ist ihre getrennte Wahrnehmung vom zeitlichen Auflösungsvermögen abhängig, d. h. von der Fähigkeit, schnell aufeinanderfolgende Reize noch getrennt wahrzunehmen.

Das Sehen in der Bewegung stellt also an den Sehapparat bestimmte Anforderungen: das reagierende System darf nicht zu träge sein. Ist die Trägheit hinreichend gering, so kann das Sehen in der Bewegung gegenüber dem Sehen in der Ruhe Vorteile bieten, wenn die anatomische Struktur des Auges nur eine geringe Sehschärfe zuläßt. Es ist möglich, mit einem recht unvollkommenen optischen Apparat, der im Extremfall gar keine räumliche Auflösung zuzulassen braucht, doch einen recht vollkommenen Eindruck von der Gestalt eines Dinges zu erhalten, wenn man ihn bewegt und das räumliche Nebeneinander in ein zeitliches Nacheinander umwandelt. Ein fliegendes Insekt kann also unter Umständen auf eine gute räumliche Auflösung verzichten, wenn es dafür eine gute zeitliche Auflösung besitzt. Ein Beispiel aus der Technik ist die Wiedergabe von Bildern durch Abtastung, wie sie beim Fernsehen üblich ist.

In den Untersuchungen, über die im folgenden berichtet werden soll, wurde das zeitliche Auflösungsvermögen von Fliegenaugen mit Hilfe der elektrischen Belichtungspotentiale analysiert. Die ersten Beobachtungen über das Belichtungspotential stammen von Hartline[1]; weitere Untersuchungen verdanken wir Jahn und Crescitelli[2] (1938–41). Diese Autoren verwendeten zur Ableitung eine auf das Auge der Versuchstiere gekittete Flüssigkeitskammer. Da hierdurch die optischen Verhältnisse am Auge in unkontrollierbarer Weise geändert werden, wurde eine andere Methode bevorzugt: in das Auge wurde eine fein zugeschliffene, mit Silberchlorid überzogene Silbernadel gestochen, eine zweite Silberchloridelektrode, die in den Thorax eingeführt wurde, diente als indifferente Elektrode. Registrierinstrument war ein 3stufiger, direkt gekoppelter Gegentakt-Gleichspannungsverstärker mit Kathodenstrahl. Die maximale Verstärkung betrug 300000. Sie konnte durch eine symmetrische Eingangspotentiometerschaltung stufenweise verringert werden.

Die geometrisch-optischen Verhältnisse sind leicht zu übersehen. Der Öffnungswinkel der einzelnen Ommatidien ist angenähert bekannt (bei den verwandten Versuchstieren, den Fliegen *Calliphora erythrocephala* und *Eristalis* etwa 1,3°). Bei einer leuchtenden Fläche von bekannter Größe läßt sich aus dem Abstand des Auges von der Reizfläche berechnen, von wieviel Ommatidien der Reiz wahrgenommen wird. Es ist also möglich, durch Wahl eines hinreichend kleinen Reizfeldes bei genügend großem Abstand vom Auge ein oder wenige Ommatidien isoliert zu reizen.

Das Aktionspotential des Auges von *Calliphora* und *Eristalis* hat folgende Form (Abb. 1): Bei Belichtung

[1] Zoologisches Institut der Universität Göttingen.

[2] W. von Buddenbrock, *Grundriß der vergleichenden Physiologie*, Bd. 1 (2. Aufl., Berlin 1936).

[3] S. Exner, *Die Physiologie der facettierten Augen von Krebsen und Insekten* (Leipzig und Wien 1891).

[4] Neben der figuralen Intensität ist das Formensehen von den räumlichen Beziehungen abhängig, die zwischen den einzelnen retinalen Reizverschiebungen bestehen und die eine bestimmte «Bewegungsgestalt» in der Retina (figurale Qualität) ergeben.

[5] M. Hertz, Biol. Zbl. *53*, 10 (1933).

[1] H. K. Hartline, Amer. J. Physiol. *83*, 466 (1928).

[2] F. Crescitelli und T. L. Jahn, J. Cell. Comp. Physiol. *13*, 105 (1939); T. L. Jahn and F. Crescitelli, ib. *13*, 113 (1939).

tritt eine positive Schwankung auf, die in der Regel nach Erreichung eines ziemlich spitzen Maximums zurückgeht, wobei dieser Rückgang weniger steil verläuft als die Zunahme der Positivität[1]. An diese positive Schwankung schließt sich bei hinreichender

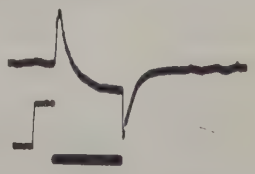


Abb. 1. Retinogramm vom hell adaptierten Facettenauge von *Eristalis tenax*. Links: Eichung mit 1,0 mV. Lichtmarke am unteren Rand. Reizdauer: 1 sec. Durchmesser des Reizfeldes 26 mm, Abstand vom Auge 240 mm. Positive Ausschläge nach oben.

Intensität eine lang andauernde negative Phase an. Bei Aufhören der Belichtung folgt ein «Aus-Effekt» in Form einer steil ansteigenden negativen Welle, die dann weniger steil zur Nullinie zurückgeht. Die Form dieser Kurven weicht wesentlich von denen ab, die HARTLINE[2], JAHN und CRESCITELLI[3] und BERNHARD[4]

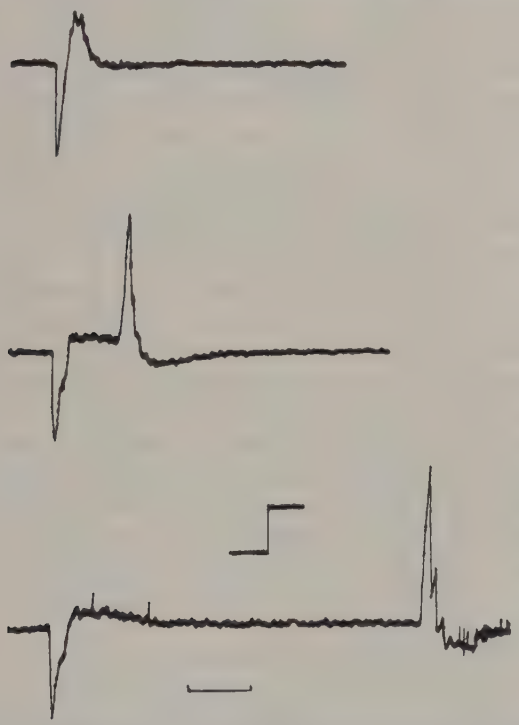


Abb. 2. Retinogramm vom hell adaptierten Auge von *Calliphora erythrocephala* in Abhängigkeit von der Reizzeit bei konstanter Reizintensität. Reizdauer: oben 5 msec, Mitte 200 msec, unten 1 sec. Reizfläche von 24 mm Durchmesser im Abstand von 185 mm vom Auge. Leuchtdichte etwa 3 HK/cm². Über der unteren Kurve Eichung mit 1 mV, unter ihr Zeitmarke von 200 msec. Ein-Effekt in allen Fällen gleich groß; der Aus-Effekt nimmt mit längerer Reizdauer an Größe zu. Positive Ausschläge nach unten.

[1] Da die Elektroden von außen in das Auge eingestochen wurden, war ihre Lage nicht in allen Fällen gleich. In manchen Fällen wurden daher auch Potentiale umgekehrten Vorzeichens erhalten. Diese Erscheinung ist rein physikalischer Natur; die Form der Potentiale ist in beiden Fällen völlig die gleiche.

[2] H. K. HARTLINE, Amer. J. Physiol. *83*, 466 (1928).

[3] T. L. JAHN und F. CRESCITELLI, J. Cell. Comp. Physiol. *13*, 113 (1939).

[4] C. G. BERNHARD, J. Neurophysiol. *5*, 32 (1942), für das Auge von *Dytiscus*.

angeben. Diese Unterschiede gehen nicht auf die Art des Potentialabgriffes zurück. Die offenbar diphasischen Potentiale stellen vielmehr eine Eigentümlichkeit der untersuchten Tiere dar. Bei anderen Arten (z. B. der Stabheuschrecke *Dixippus*) kann man nämlich mit der gleichen Methodik durchaus die von den genannten Autoren abgebildeten Kurvenformen erhalten. Die gleichen diphasischen Potentiale bildet übrigens GRANIT[1] von dem Auge der Wespe und Hausfliege ab, allerdings ohne im Text in irgendeiner Form darauf einzugehen. Die Unterschiede zwischen den beiden Kurventypen sind von grundlegender Bedeu-

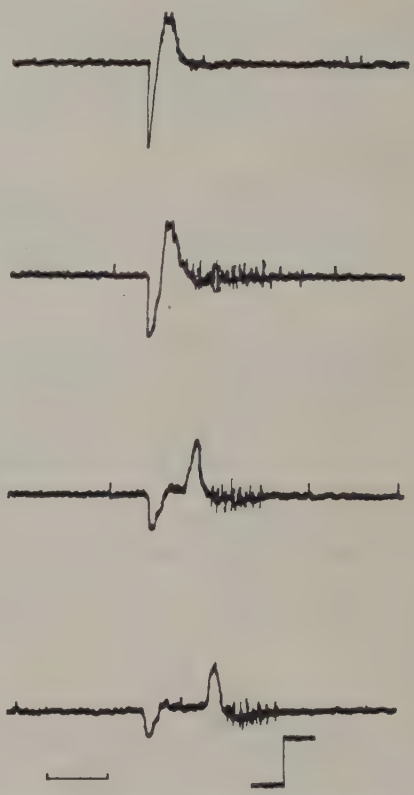


Abb. 3. Ein- und Aus-Effekt bei konstanter Reizmenge $I \cdot t$. Intensität in relativen Einheiten. Der Ein-Effekt nimmt mit fallender Intensität ab, die Höhe des Aus-Effektes bleibt mit $I \cdot t$ konstant, Zeitmarke unten links: 200 msec. Eichung unten rechts: 1 mV. Positive Ausschläge nach unten.

tung für das Sehen der Insekten — Verhältnisse, auf die jedoch hier nicht weiter eingegangen werden soll (s. dazu AUTRUM[2]).

Die Amplitude des *Ein-Effektes* ist nur von der Beleuchtungsstärke, also der *Reizleistung* abhängig. Dies gilt auch für die kürzesten verwandten Reizzeiten von 5 msec Dauer (Abb. 2). Der Ein-Effekt ist also spätestens nach 5 msec in voller Höhe ausgebildet

[1] R. GRANIT, *Sensory mechanisms of the retina* (London, New York, Toronto, 1947).

[2] H. AUTRUM, *Zur Analyse des zeitlichen Auflösungsvermögens des Insektenauges*, S. B. Akad. Göttingen, im Druck, (1948); Naturwissenschaften, *35*, im Druck (1949).

und unabhängig von der weiteren Dauer der Belichtung. Im Gegensatz dazu ist die Amplitude des *Aus-Effektes* im Bereich von 5 bis 200 msec von dem *Produkt aus Intensität und Zeit* (Abb. 3) abhängig.

Die Tatsache, daß der Ein-Effekt spätestens nach 5 msec in voller Höhe ausgebildet ist, läßt darauf schließen, daß das Insektenauge Reize von dieser Dauer ihrer Intensität nach beurteilen kann (zumindest bei Reizen von mittlerer und hoher Intensität).

Es entsteht die Frage, wie schnell ein zweiter Reiz folgen darf, damit er zu einer getrennten Erregung führt. Diese Frage wird im allgemeinen durch die Bestimmung der Verschmelzungsfrequenz für Flimmerlicht beantwortet.

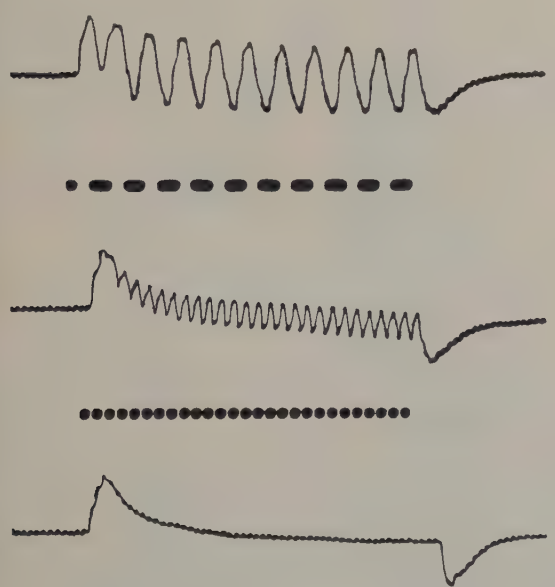


Abb. 4. Aktionspotentiale vom Auge von *Eristalis tenax* bei Reizung mit Flimmerlicht verschiedener Frequenz: oben: 9 Lichtreize/sec, Mitte: 25 Lichtreize/sec, unten: 71 Lichtreize/sec (Verschmelzungsfrequenz). Lichtmarken jeweils unter den Kurven. Strahlmodulation mit 50 Hertz. Positive Ausschläge nach oben.

Auf Flimmerlicht antwortet das Auge von *Calliphora* und *Eristalis* mit abwechselnden Ein- und Aus-Effekten, die dem Rhythmus des Lichtwechsels folgen (Abb. 4). Das Vorzeichen der Potentiale wechselt dabei ständig, die Flimmerpotentiale schwanken also um die Nullinie. Mit zunehmender Flimmerfrequenz werden diese Wellen kleiner, bis schließlich gar keine Schwankungen mehr zu beobachten sind. Das Retinogramm gleicht dann einer Antwort, wie sie auf Dauerlicht gegeben wird[1]. Auf diese Weise kann also die Verschmelzungsfrequenz bestimmt werden. Dabei ist allerdings der Vorbehalt zu machen, daß die elektrophysiologisch gemessene Verschmelzungsfrequenz kleiner sein kann als die tatsächliche, da die Potentialschwankungen schließlich so klein sein können, daß sie mit dem Kathodenstrahloszillographen nicht mehr zu entdecken sind. Die wahre Verschmelzungsfrequenz könnte also allenfalls größer sein als die gemessene, was für die im folgenden vertretene Auffassung nur noch günstiger sein würde.

Für das Facettenauge der Fliege *Calliphora* ergeben sich überraschend hohe Verschmelzungsfrequenzen. Schon für das einzelne Ommatidium liegt bei geringen Lichtintensitäten die Verschmelzungsfrequenz bei etwa 60 Lichtreizen in der Sekunde (Größe der Reizfläche 1,1 mm², Abstand vom Auge 185 mm, entsprechend einem Sehwinkel von 24′; Leuchtdichte der Reizfläche 0,18 HK/cm²). Sie steigt bis auf 165 Lichtreize in der Sekunde, wenn man die Leuchtdichte der Reizfläche *ceteris paribus* auf 6,8 HK/cm² erhöht. Mit zunehmender Zahl der gereizten Ommatidien steigt die Verschmelzungsfrequenz weiter an: Bei einer Reizfläche von 80 mm² Größe, deren Leuchtdichte 6,8 HK/cm² beträgt, erhält man als Verschmelzungsfrequenz 265 Lichtreize in der Sekunde! Das einzelne Ommatidium kann also noch Lichtreize getrennt wahrnehmen, die durch Dunkelpausen von 3 msec voneinander getrennt sind. Bei größeren beteiligten Arealen braucht die Zeit zwischen den Reizen schließlich nur noch 2 msec zu betragen, damit sie von der Fliege noch unterschieden werden können. Im allgemeinen werden an der Figurenwahrnehmung große Ommatidienzahlen beteiligt sein, so daß die kürzeren Zeiten gelten. Für das menschliche Auge wurden unter gleichen Versuchsbedingungen je nach der Arealgröße die Verschmelzungsfrequenzen zu 20 bis 25 Reizen in der Sekunde bestimmt.

Die Trägheit des Auges fliegender Insekten -- ähnliche Ergebnisse wie bei *Calliphora* erhält man bei Libellen, Bienen, Wespen — ist demnach wesentlich geringer als die des Auges des Menschen und der Säugetiere. In gleichem Sinn sprachen bereits die Ergebnisse, die über die Abhängigkeit des Ein-Effektes von der Reizdauer (s. oben) erhalten wurden.

Außer den fliegenden Insekten scheinen auch andere fliegende Tiere ihr Auge in Richtung auf ein besseres *zeitliches* Sehvermögen entwickelt zu haben. Aus den Untersuchungen von Piper[1] kann man entnehmen, daß die Verschmelzungsfrequenz für gleiche Lichter bei Katze, Kaninchen, Affe und Hund bei etwa 20 bis 25 Reizen/sec, bei den Vögeln dagegen bei etwa 40 Reizen/sec liegt. Unter den von Piper untersuchten Vögeln macht die Eule eine Ausnahme, ihre Augen blicken aber in die Flugrichtung; es treten also beim Flug keine schnellen seitlichen Verschiebungen der aufzulösenden Muster ein, wie das bei den Vögeln mit seitlich blickenden Augen der Fall ist.

[1] Allerdings bestehen gelegentlich unwesentliche Unterschiede zwischen den Retinogrammen, die einerseits bei hoher Frequenz jenseits der Verschmelzungsgrenze und voller Intensität, andererseits bei konstantem Licht halber Intensität gewonnen wurden: der Ein-Effekt kann bei Flimmerlicht größer ausfallen als bei konstantem Licht halber Intensität, was sich leicht dadurch erklärt, daß er auf die Intensität selbst anspricht.

[1] H. Piper, Arch. Anat. Physiol. 85 (1911).

Verschmelzungsfrequenzen nach PIPER, 1911

Frosch	15	Reize/sec
Taube	40	,, ,,
Huhn	40	,, ,,
Eule	20	,, ,,
Katze	25	,, ,,
Kaninchen	25	,, ,,
Affe	17	,, ,,
Hund	25	,, ,,

Beim Facettenauge ist neben der geringen Trägheit des Rezeptorenapparates noch ein zweites Prinzip wirksam, das die zeitliche Auflösung von bewegten Mustern begünstigt. Beim Flug tauchen in jedem Ommatidium, das nicht gerade nach vorn gerichtet ist, die Figurenelemente nur eine gewisse Zeit lang auf. Sie darf nicht zu kurz sein, die Reize dürfen einander nicht zu schnell folgen, damit nicht Verschmelzung eintritt. Die Reizzeit hängt nun von folgenden Faktoren ab:

1. Von dem Winkel, unter dem der Gegenstand erscheint, gegeben durch seine Größe und Entfernung;
2. von der Fluggeschwindigkeit;
3. von dem Öffnungswinkel des Ommatidiums.

Für die folgenden Betrachtungen sollen Größe und Entfernung des Gegenstandes sowie Fluggeschwindigkeit als konstant angenommen und allein der Einfluß des Öffnungswinkels des Ommatidiums auf die Reiz- und Erregungsfolge untersucht werden. Ferner möge der gesehene Gegenstand unter einem Winkel erscheinen, der kleiner ist als der Ommatidienöffnungswinkel. Dann verbleibt der Gegenstand um so länger im Bereich eines Einzelommatidiums, je größer dessen Öffnungswinkel ist. Eine Verlängerung der Expositionszeit ist also durch Vergrößerung des Öffnungswinkels möglich.

Es tritt damit ein Widerstreit ein zwischen dem zeitlichen Auflösungsvermögen bei Bewegung, das ein gröberes Sehraster erfordert, und dem räumlichen Auflösungsvermögen in der Ruhe, das ein möglichst feines Sehraster erfordert. Für ein fliegendes Insekt bedeutet eine hohe räumliche Auflösung geradezu einen Nachteil. Ein gröberes Raster ist in der Lage, im Flug noch Muster aufzulösen, die einem feineren Sehraster bereits verschmolzen erscheinen.

Diese Behauptung mag an einem Beispiel näher erläutert werden: Ein Insekt fliegt an einem Streifenmuster vorbei. Der Öffnungswinkel des Ommatidiums und der Abstand vom Muster seien so, daß nur ein Musterstreifen seine Lichtenergie in das Ommatidium sendet. Dann wird die Helligkeit im Ommatidium eine zeitliche Verteilung haben, wie es die Abb. 5 zeigt. Es folgt also auf einen schnellen Reizanstieg eine kurze Zeit, in der die Reizgröße konstant ist; dann fällt die Reizgröße rasch wieder ab, es folgt eine Pause und dann der nächste Reiz. Ist der zeitliche Abstand der Einzelreize infolge der Fluggeschwindigkeit zu gering, so wird zwar der erste Reizanstieg wahrgenommen, dann tritt aber Verschmelzung ein, weil das Auge den Reizänderungen nur mit einer gewissen Trägheit folgen kann: das fliegende Insekt sieht das Muster einheitlich grau.

Die Zeit, während derer ein Musterstreifen ein Einzelommatidium reizt, kann für das gleiche Muster bei gleicher Bewegungsgeschwindigkeit verlängert werden, indem der Öffnungswinkel des Ommatidiums vergrößert wird (Abb. 5). Denn dann folgt dem raschen Anstieg der Reizintensität beim Eintauchen des ersten

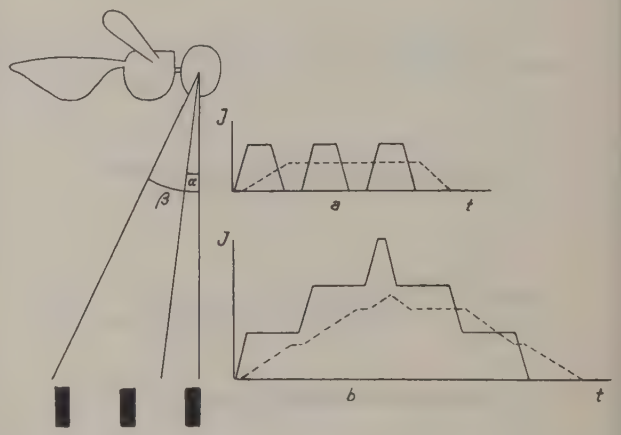


Abb. 5. Schema des Reizablaufs beim Auftauchen einer aus 3 Streifen bestehenden Figur in einem Ommatidium von engem Öffnungswinkel (*a*) und in einem Ommatidium von 4fach größerem Öffnungswinkel (*b*). In den Diagrammen *a* und *b* ist auf den Abszissen die Zeit, auf den Ordinaten die Reizintensität aufgetragen. Die ausgezogenen Linien geben den Verlauf der Reizintensität in den betreffenden Ommatidien wieder, die gestrichelten Linien den angenommenen Verlauf der Größe der Erregung. In *a* Verschmelzung der Einzelreize; in *b* stufenweises Ansteigen der Reiz- und Erregungsgröße.

Musterelements in den Sehbereich des Ommatidiums eine längere Zeit, in der das Musterelement konstante Intensitäten in das Ommatidium schickt; erst mit dem Auftauchen des folgenden Streifens steigt wiederum die Intensität an. Inzwischen ist für die erste Erregung die Summationszeit abgelaufen und das Auftreten des zweiten Figurenelements kann eine Erregungszunahme auslösen. Die Pause zwischen je zwei Reizen fällt weg. Jeder neu auftretende Streifen kann unter günstigen Bedingungen einen neuen Erregungsstoß bewirken: Die Streifigkeit des Musters – die ja in dem Beispiel der Abb. 5 in der Ruhe nicht wahrgenommen werden kann – wird im Flug erkannt. Der Charakter des Sehdings[1] wird dabei natürlich verändert, von den Eigenschaften der Figur bleibt aber die Streifigkeit (der Charakter des Getrenntseins) übrig und kann

[1] Unter Sehdingen verstehen wir mit HERING die subjektiven Eindrücke, die der Gesichtssinn von den äußern Gegenständen (Dingen) erhält.

wahrgenommen werden, was bei engeren Ommatidien nicht möglich wäre.

Die vorangegangenen Überlegungen lassen sich folgendermaßen zusammenfassen: die Wahrnehmung feiner Muster erfolgt beim starren Mosaikauge der fliegenden Insekten in prinzipiell anderer Weise als bei den Wirbeltieren. Das Sehen im Flug ist beim Facettenauge nicht an die Feinheit des Ommatidienrasters gebunden, im Gegenteil ist ein zu feines Raster geradezu ein Nachteil. Liegt eine bestimmte Mustergröße vor, die vom ruhenden Auge nicht aufgelöst wird, so kann im Flug das räumliche Nebeneinander in ein zeitliches Nacheinander transformiert und so der Wahrnehmung zugänglich gemacht werden. Bei Geschwindigkeitssteigerung wird es schließlich zur Verschmelzung der zeitlich aufeinanderfolgenden Reize kommen. Hält man jetzt die übrigen Bedingungen (Mustergröße, Fluggeschwindigkeit) konstant, vergrößert aber den Ommatidienwinkel, so kann das Insekt die Streifigkeit, wenn auch nicht den besonderen Charakter des Musters erkennen. Werden schließlich bestimmte Ommatidiengröße und Fluggeschwindigkeit vorausgesetzt, so zerfallen die Muster je nach ihrer Größe (d. h. dem Winkel, unter dem sie erscheinen) in zwei Gruppen: in solche, die noch aufgelöst werden, und solche, die nicht mehr aufgelöst werden. In welche von beiden Gruppen ein Muster gehört, hängt allein von den *zeitlichen* Verhältnissen ab, die es im Auge hervorruft. Ermöglichen diese eine Trennung aufeinanderfolgender Reizänderungen, so kann das Muster feiner sein als dem Ommatidienöffnungswinkel entspricht.

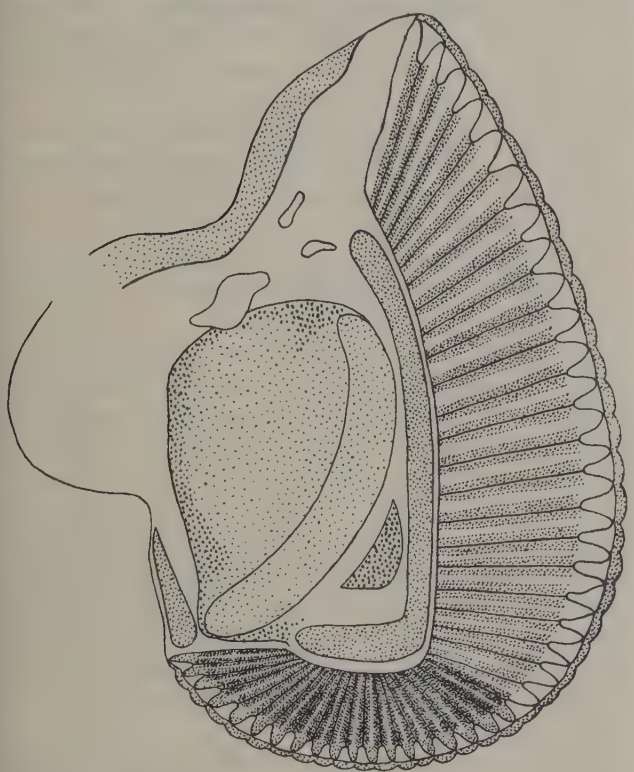


Abb. 6. Sagittalschnitt durch das Auge der Fliege *Syneches muscarius* (Empiden). Umzeichnung einer Figur von Dietrich, 1908.

Diese Überlegung wird durch eine Reihe anatomischer Eigentümlichkeiten des Insektenauges unterstützt: Die Öffnungswinkel der Ommatidien vieler Insekten sind in verschiedenen Bezirken des Auges verschieden. Vor allem findet man oft in den ventralen Randbezirken Ommatidien mit besonders großen Öffnungswinkeln. Bei manchen Insekten, vor allem räuberisch lebenden Fliegen, z. B. den Empiden, ist auf der Ventralseite eine deutlich abgegrenzte Augenregion vorhanden, in der die Öffnungswinkel der Einzelommatidien wesentlich größer sind als in den Teilen, die nach vorn blicken (Abb. 6). Gerade in diesen Abschnitten bewegen sich aber die Bilder mit größerer Geschwindigkeit als in den nach vorn gerichteten Ommatidien. Jene sind also speziell an das Bewegungssehen unter Aufgabe des räumlichen Auflösungsvermögens angepaßt. Die feinsten Ommatidienraster haben bei den räuberischen Fliegen diejenigen Teile des Auges, die genau in der Flugrichtung blicken (Dietrich[1]). Diese Feinheit des Rasters stimmt damit zusammen, daß die retinalen Verschiebungen der Dinge, die in der Flugrichtung liegen, nur gering sind. Da wir wissen, daß die Eigenschaften einer Figur bei den Insekten durch die Zahl und das Zueinander der Reizwechsel in den Retinaelementen bestimmt sind, so ist ein feineres Ommatidienraster erforderlich, wenn die räumlichen Verschiebungen der Figur bei der Bewegung klein sind. Das feinere Ommatidienraster hat also nicht die Aufgabe, die «Sehschärfe» für ruhende Figuren zu erhöhen, sondern auch bei geringen Bewegungen der Objekte eine ausreichende Zahl von Reizwechseln zu ermöglichen. Da hier die Verschiebungen zugleich viel langsamer erfolgen als in den seitlich blickenden Ommatidien, besteht die Gefahr einer Verschmelzung der Reizwechsel nicht. Das Sehraster kann also in der Flugrichtung fein sein, ohne daß der zeitlichen Auflösung dadurch Schwierigkeiten entstehen. Es erscheint konsequent, hier nicht vom «Fixieren» eines Gegenstandes zu sprechen, sondern die engen Ommatidienwinkel zur Kleinheit der retinalen Verschiebungen in Beziehung zu setzen. Das Formensehen geschieht dann in allen Teilen eines Auges nach dem gleichen Prinzip.

Bei guten Fliegern findet sich noch eine andere eigentümliche Anpassung an das Sehen in der Bewegung. Nach den Untersuchungen von Baumgärtner[2] und del Portillo[3] an Bienen und von Gaffron[4] an Fliegen ist der Öffnungswinkel eines einzelnen Ommatidiums in verschiedenen Richtungen verschieden: In der Horizontalen (d. h. in der Richtung der Längs-

[1] W. Dietrich, Z. wiss. Zool. *92*, 465 (1909).
[2] H. Baumgärtner, Z. vergl. Physiol. *7*, 56 (1928).
[3] J. del Portillo, Z. vergl. Physiol. *23*, 100 (1936).
[4] M. Gaffron, Z. vergl. Physiol. *20*, 299 (1934).

achse des Tieres) sind die Öffnungswinkel größer als in der Richtung senkrecht dazu (Abb. 7). DEL PORTILLO gibt für die engsten, etwa in der Mitte des Auges gelegenen Ommatidien folgende Öffnungswinkel an: vertikal 1°18′ bis 1°24′, horizontal 2°41′ bis 2°45′, also ein Verhältnis der Öffnungswinkel in den verschiedenen Richtungen von 1:2. Im extremen Fall kommt ein Verhältnis von 1:2,5 bei der Biene vor. In der Tat ist ja in Übereinstimmung mit der oben entwickelten Hypothese eine Vergrößerung des Ommatidienwinkels nur in der Flugrichtung erforderlich. Hier wird also der in der Abb. 5 erläuterte Mechanismus wirksam. Die Angaben von BAUMGÄRTNER sind in einer eingehenden Untersuchung von DEL PORTILLO[1] kritisiert worden. Er kommt zu dem Ergebnis, daß bei der Biene die Öffnungswinkel des Einzelommatidiums in horizontaler und vertikaler Richtung gleich sind; allerdings sind die Winkel zwischen benachbarten Rhabdomen in der Horizontalen etwa doppelt so groß wie in der Vertikalen. Dieser Unterschied beruht auf der stärkeren Krümmung des Auges in der Horizontalen, so daß nach DEL PORTILLO auf den gleichen Winkelraum weniger Ommatidien kommen. Anatomisch wird der Winkel zwischen zwei benachbarten Ommatidien in der Horizontalen durch breitere Pigmenträume und Tracheenäste ausgefüllt. DEL PORTILLO nimmt an, daß der Öffnungswinkel der Ommatidien in beiden Richtungen der gleiche ist, daß aber in der Horizontalen die Einzelsehfelder voneinander durch Zwischenräume getrennt sind, während sie in der Vertikalen aneinanderschließen. Diese Auffassung erscheint aber nicht zwingend: wir wissen aus den Untersuchungen von EXNER[2], wie kompliziert der Strahlengang in Cornealinse und Kristallkegel ist, und es ist von vornherein wahrscheinlich, daß ebenso wie die optischen Apparate (Cornealinsen) auch die Sehfelder in der Horizontalen aneinanderschließen. Auch EXNER diskutiert den Fall, «daß der perzipierte Anteil des Bildes kleiner wäre, als es dem zugehörigen Bruchteil des Sehfeldes entspricht». Er kommt aber ebenfalls zu dem Schluß, daß die benachbarten Anteile des Sehfeldes sich trotz des Vorhandenseins von trennenden Pigmentschichten zwischen den Ommatidien mindestens berühren, daß sie vielleicht größer sind und sich gegenseitig an den Rändern etwas überlappen. Man kann also mit Recht annehmen, daß sich die Öffnungswinkel in der Flugrichtung zu denen senkrecht dazu mindestens wie 2:1 verhalten.

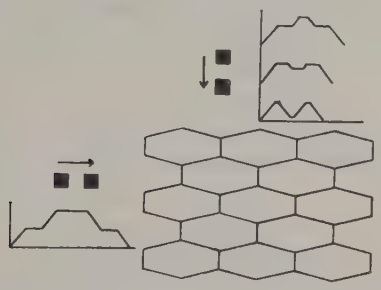


Abb. 7. Schema des Versuchs zum Nachweis des verschiedenen Auflösungsvermögens des Fliegenauges für bewegte Figuren in horizontaler und vertikaler Richtung. Der Öffnungswinkel der Ommatidien ist in horizontaler Richtung etwa doppelt so groß wie in vertikaler. Links die horizontal wandernden Lichtreize und die dabei zu erwartende Reizverteilung im Einzelommatidium. Oben die vertikal wandernden Lichtmarken und die dabei möglichen Reizverteilungen, die verschieden sind, je nach der Stelle, an der das Ommatidium geschnitten wird.

Wenn diese Annahmen zutreffen, könnten zwei Lichtmarken, die nacheinander vertikal am Auge vorbeiwandern und dabei subjektiv eben zu einem Reiz verschmelzen, unter Umständen noch getrennt wahrgenommen werden, falls sie an den gleichen Ommatidien nacheinander horizontal vorüberwandern. Die Bedingungen, unter denen diese Unterschiede beobachtbar sein sollten, sind: die Lichtmarken müssen einen solchen Abstand und eine solche Größe haben, daß sie noch beide in den horizontalen Sehwinkel eines Ommatidiums fallen. Ihre Geschwindigkeit muß so groß sein, daß sie bei vertikaler Bewegung schon keine getrennten Erregungen mehr ergeben. Als Reiz dienten dementsprechend zwei Lichtmarken quadratischer Form von je 2 mm Kantenlänge, die einen Abstand von 2 mm voneinander hatten. Sie wurden dem Auge längs einer Strecke von 9 mm Länge aus einer Entfernung von 225 mm geboten. Durch eine geeignete Anordnung wurde erreicht, daß sie sich entweder horizontal oder vertikal hintereinander an dem Auge vorbeibewegten (Abb. 7). Die Geschwindigkeit der Lichtmarken war in beiden Fällen die gleiche. Unter diesen Versuchsbedingungen erscheint der einzelne Lichtpunkt dem Auge unter einem Winkel von etwa 0,5°, beide zusammen unter einem Winkel von etwa 1,5°. Die Strecke, auf der sie sichtbar waren, erschien unter einem Winkel von 2,5°.

Die Geschwindigkeit der beiden Punktmarken wurde so gewählt, daß sie mit einer Pause von 11,4 msec aufeinander folgten (entsprechend einer Geschwindigkeit von 175 mm/sec). Das entspricht einer Flimmerfrequenz von etwa 45 Lichtreizen in der Sekunde.

In diesem Versuch sind die Belichtungspotentiale wesentlich verschieden, je nachdem ob die Lichtmarken horizontal oder ob sie vertikal bewegt werden (Abb. 8). Wandern sie horizontal, also über den Bereich mit dem größeren Öffnungswinkel, so erkennt man im Retinogramm deutlich die Ein- und Aus-Effekte von *zwei* Reizen. Wir können schließen, daß sie dann als *getrennte* Sehdinge erscheinen. Bewegen sich die Punkte aber in vertikaler Richtung am Auge vorbei, so erweist sich das von ihnen erhaltene Aktionspotential als identisch mit dem *eines einheitlichen* Feldes von 4 mm Länge. Damit ist bewiesen, daß das Auflösungsvermögen für *bewegte* Objekte beim Insektenauge mit

[1] J. DEL PORTILLO, Z. vergl. Physiol. *23*, 100 (1936).

[2] S. EXNER, *Die Physiologie der facettierten Augen von Krebsen und Insekten* (Leipzig und Wien, 1891).

zunehmendem Öffnungswinkel der Ommatidien besser wird.

Für das menschliche Auge sind die gleichen Lichtmarken aus einer Entfernung von 25 cm erst dann als getrennte Erscheinung deutlich, wenn ihre Geschwindigkeit auf 68 mm/sec herabgesetzt wird, d. h. die Lichtmarken in einem zeitlichen Abstand von 34 msec erscheinen, was einer Flimmerfrequenz von 15 Lichtreizen in der Sekunde entspricht.

Die Vergrößerung des Ommatidienwinkels hat in der Ruhe eine Herabsetzung der «Sehschärfe» zur Folge. Der Begriff der Sehschärfe ist aber aus der

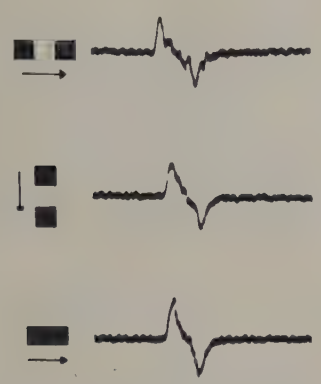


Abb. 8. Aktionspotentiale als Antwort auf zwei quadratische Lichtmarken, die horizontal (oben) bzw. vertikal (in der Mitte) an den Ommatidien vorbeilaufen. Unten: Antwort auf einen gleichen Reiz ohne Abstand der Reizmarken von einander. Positive Ausschläge nach oben.

Physiologie der Wirbeltiere übernommen, und es ist nicht geraten, ihn in der Physiologie des Facettenauges überhaupt anzuwenden. Die Sehschärfe des Wirbeltierauges dient der Analyse ruhender Figuren, diese spielen in der Physiologie der fliegenden Insekten nur eine untergeordnete Rolle. Entscheidend für das Insektenauge ist die «Bewegungsgestalt» ihrer Sehdinge.

Die direkte Analyse der Eigenschaften der Ommatidien mit Hilfe der Aktionspotentiale führt auf die geringe Trägheit des Einzelommatidiums, also auf eine bemerkenswerte Anpassung an das Sehen in der Bewegung, das für die Insekten kennzeichnend ist. Die grundlegenden Unterschiede zwischen den Sehvorgängen bei Wirbeltieren und Arthropoden formulierte bereits EXNER in seinen berühmten Untersuchungen über *Die Physiologie der facettierten Augen*: «Meine Ansicht geht dahin, daß der Typus des Wirbeltierauges in vollkommenerer Weise dem Erkennen von Formen der äußeren Objekte, der Typus des Facettenauges in vollkommenerer Weise dem Erkennen von Veränderungen an dem Objekt dient». Diese Formulierung erweist sich auch in einer anderen Hinsicht als durchaus richtig: EXNER unterschied schon, wenn auch undeutlich, zwischen dem Sehen in der Bewegung und dem Sehen einer objektiven Bewegung. Das Sehen in der Bewegung ist ein echter Formensinn, dessen Kategorien aber gänzlich andere sind als die des Menschen (und wahrscheinlich der Wirbeltiere). Objektive Bewegung vermögen Insekten nämlich sehr wohl von der relativen Bewegung der Objekte bei ihrer Eigenbewegung zu unterscheiden. Diese Unterscheidung der äußeren Bewegung von einer Bildverschiebung, die als Folge der aktiven Eigenbewegung entsteht, «ist nicht aus optischen Vorgängen allein zu erklären und kann sich nur auf das Verhältnis gründen, in dem die motorischen Beschleunigungen und Verlangsamungen zu den Beschleunigungen und Verlangsamungen der Bilderverschiebungen stehen, die in den beiden entgegengesetzten Richtungen vor sich gehen»[1] (M. HERTZ). In beiden Fällen, also bei äußerer Bewegung wie bei Eigenbewegung, sind für die optische Analyse der Umgebung die «Bildverschiebungen» entscheidend, und die fliegenden Insekten sind an die zeitlichen Veränderungen an den Objekten ganz besonders angepaßt.

Summary

The perception of form by flying insects is conditioned by their own movement and dependent upon the number of stimulus changes that occur in the ommatidia per unit time. In order to be able to discriminate fine patterns, i. e. to follow rapid changes of the stimulus, the facet eye must possess a slight inertia. By means of electro-physiological methods it is shown that the inertia of the insect eye is smaller than that of the mammal's. In the electro-retinogram the on-effect is independent of the length of stimulation with stimuli of from 1 sec. down to $^1/_{200}$ sec., and depends only on the intensity of the stimulus. The off-effect is dependent upon the product of intensity × duration of stimulus.

The fusion frequency of the insect eye is correspondingly much higher than that of the mammalian; it increases with the number of ommatidia stimulated; for small areas of stimulation (1–4 ommatidia) the fusion frequency is 60–165 per sec., for larger ones it amounts to as much as 265 per sec.

In insects that fly well (bees, many flies), the angle intersected by the ommatidia in the horizontal direction is about twice as great as in the vertical. Consequently, the time that a thing seen during horizontal movement remains within one ommatidium is longer, so that the summation time for this stimulus is prolonged. Hence follows that figural elements that succeed each other rapidly fuse less readily; the capacity for discrimination is thus improved through movement.

This hypothesis can be confirmed experimentally by study of the retinal action potentials. Two points of light that pass over the ommatidium grating at a short interval after one another vertically (small angle of intersection) appear to fuse, but they are perceived separately when they pass horizontally (wide angle of intersection) over the ommatidia.

[1] M. HERTZ, Z. vergl. Physiol. *20*, 430; *21*, 579 (1934).

Brèves communications - Kurze Mitteilungen
Brevi comunicazioni - Brief Reports

Les auteurs sont seuls responsables des opinions exprimées dans ces communications. – Für die kurzen Mitteilungen ist ausschließlich der Autor verantwortlich. – Per le brevi comunicazioni è responsabile solo l'autore. – The editors do not hold themselves responsible for the opinions expressed by their correspondents.

Zur Frage nach dem Alter der Elemente

In einer gleichzeitig in dieser Zeitschrift (Seite 266) erscheinenden Arbeit[1] ist ein Bild von der Systematik der kosmischen Häufigkeiten vermittelt worden. Im folgenden soll diskutiert werden, inwiefern durch dieses Bild neue Aussagen über das Alter der Elemente ermöglicht werden.

Ein direkter experimenteller Nachweis für das gleiche Alter von irdischer und meteoritischer Materie konnte durch Vergleich der Bruttoradioaktivität von Kalium[2], und durch Messung des Verhältnisses Protaktinium zu Radon[3] in Proben terrestrischen und meteoritischen Ursprungs erbracht werden. Es wird allgemein angenommen, daß dieses Alter zwischen 3 und $6 \cdot 10^9$ Jahren liegt[4]. Auf welchen Wegen diese Grenzen weiter eingeengt und eine präzisere Aussage gewonnen werden könnte, sei hier kurz angedeutet.

Eine *untere Grenze* für das Alter der Elemente ist durch das Alter der Erde gegeben; dieses beträgt nach den neuesten Angaben von Holmes $3{,}35 \cdot 10^9$ Jahre[5]. Diese Zahl gibt die Zeit an, vor der erstmalig lokale Unterschiede im Mischungsverhältnis Blei zu Uran aufgetreten sind und somit die Zeit der Kondensation der Erdmaterie aus einer chemisch homogenen Gasmasse. Daß der Zeitpunkt der Elemententstehung merklich früher liegen muß, soll durch die folgende Überlegung gezeigt werden:

Einige instabile Kerne, die bei der Uranspaltung auftreten, besitzen eine extrem lange Halbwertszeit. Für die folgenden Umwandlungen werden die Halbwertszeiten angegeben[6]:

Se^{79} – Br^{79} : $> 10^7$ Jahre
Pd^{107} – Ag^{107} : $> 3 \cdot 10^8$ Jahre
J^{129} – X^{129} : $> 10^8$ Jahre

In allen diesen Fällen wird, da hier ein neutronenreicheres Isobar durch β-Umwandlung in ein neutronenärmeres übergeht, nach der auf Seite 268 angegebenen Regel ursprünglich das instabile Isobar in größerer Konzentration vorhanden gewesen sein als das stabile. Wären zum Zeitpunkt des Einsetzens geochemischer Separationsvorgänge radioaktives Se oder Pd noch in vergleichbaren Mengen vorhanden gewesen, dann würde das an einer Verarmung der Elemente Br bzw. Ag an den betreffenden Isotopen zu erkennen sein. Dies ist jedoch keineswegs der Fall (vgl. Abbildung) und man muß hieraus schließen, daß bereits einige Halbwertszeiten des Se^{79} und Pd^{107} vergangen waren, ehe die Kondensation der Erdmaterie eingesetzt hatte. Wenn die angegebene untere Grenze für die Halbwertszeit des Pd^{107} richtig ist und die Angabe für das Alter der Erde zutrifft, dann ergibt sich hieraus eine untere Grenze für das Alter der Elemente von $4 \cdot 10^9$ Jahren. Ein noch höherer Wert hierfür, und zwar von rund $5 \cdot 10^9$ Jahren wäre bei einer Halbwertszeit des J^{129} von mehr als 10^8 Jahren anzunehmen. Hier bietet nämlich die isotopische Zusammensetzung des Xenons einen äußerst empfindlichen Indikator für das Vorhandensein von J^{129} im Zeitraum seit der Bildung der Erdatmosphäre, da sich eine Nachlieferung von X^{129} aus Jod wegen der extremen Seltenheit der Edelgase auf der Erde, ähnlich wie im Falle K^{40}–Ar^{40}, durch eine abnorme Häufigkeit des X^{129} bemerkbar machen müßte. Die Systematik der Kernhäufigkeiten läßt jedoch keine sicheren Anzeichen hierfür erkennen[1]. Leider erscheint die Angabe über die Halbwertszeit des X^{129} doch noch zu unsicher[2], um eine endgültige Aussage in bezug auf die Zeit der Elemententstehung machen und den angenommenen unteren Grenzwert von $4 \cdot 10^9$ Jahren weiter erhöhen zu können.

Die angegebene *obere Grenze* von $6 \cdot 10^9$ Jahren für das Alter der Elemente ist durch eine einfache Häufigkeitsbetrachtung gewonnen. Der Wert ergibt sich aus der bekannten Halbwertszeit von U^{235} ($0{,}713 \cdot 10^9$ Jahre), aus dem von Goldschmidt angegebenen Häufigkeitsverhältnis in Meteoriten ([Pb]:[Th]:[U] = 40:2,6:1), aus der gegenwärtigen isotopischen Zusammensetzung dieser Elemente sowie der durchaus plausiblen Annahmen der folgenden Mengenverhältnisse zur Zeit der Elemententstehung[3]:

$$[U^{235}]^*/[U^{238}]^* < 1 \text{ und } [U^{235}]^*/[Pb^{207}]^* < 1.$$

Auch hier gelingt es, durch Anwendung der Häufigkeitsregeln um einen Schritt weiterzukommen, wenn auch die Unsicherheit der experimentellen Unterlage keine allzu sichere Aussage zuläßt. Und zwar kann zur Abschätzung einer oberen Grenze für die bei der Elemententstehung vorhanden gewesene Menge an U^{235} ein Vergleich mit der heute verklungenen «vierten» Zerfallreihe herangezogen werden, die als Endprodukt das stabile Bi^{209} liefert.

Die gegenwärtig vorhandene Menge $[Pb^{207}]$ setzt sich zusammen aus einem sofort bei der Entstehung vor-

[1] Hinweise auf Abbildungen usw. beziehen sich auf diese Arbeit.

[2] H. E. Suess, Naturwiss. *26*, 411 (1938); *27*, 702 (1939). – W. C. Schumb, R. D. Evans und W. M. Leaders, J. Amer. Chem. Soc. *63*, 1203 (1941).

[3] W. C. Schumb, R. D. Evans und J. L. Hastings, J. Amer. Chem. Soc. *61*, 3451 (1939).

[4] Näheres bei A. Unsöld, Z. Astrophys. *24*, 278 (1948).

[5] A. Holmes, Nature *157*, 680 (1946); *159*, 127 (1947). Vgl. auch F. G. Houtermans, Z. Naturforschung *2a*, 322 (1947).

[6] *Plutonium Project*, J. Amer. Chem. Soc. *68*, 2411 (1946). – S. Katkoff, Phys. Rev. *71*, 826 (1947).

[1] Die bekannte Abnormität in der isotopischen Zusammensetzung des Xenons beruht auf einer abnormen Verteilung der bei den Massenzahlen 128 und 130 vorliegenden Gesamthäufigkeiten auf die beiden stabilen Isobaren: X^{128} und X^{130} erscheint zu selten, Te^{128} und Te^{130} entsprechend zu häufig. Wenn auch eine radiogene Erhöhung von $[X^{129}]$ bis zu einem Faktor 2 nicht ausgeschlossen erscheint, so sei doch nachdrücklich darauf hingewiesen, daß der Gang der Häufigkeiten der Kerne ungerader Massenzahl in diesem Gebiet keinerlei augenfällige Abnormität aufweist.

[2] Nach einer freundlichen privaten Mitteilung von S. Katkoff.

[3] Eckige Klammern bezeichnen mittlere kosmische Atomkonzentrationen; Konzentrationen zur Zeit der Elemententstehung sind mit einem Stern bezeichnet.

handen gewesenen Anteil $[Pb^{207}]_1$, einem zweiten Anteil $[Pb^{207}]_2$, der durch α-Zerfall aller Kerne mit der Massenzahl $A = 4n+3$, $207<A<235$ entstanden ist, und einem dritten, dem eigentlichen radiogenen Anteil $[Pb^{207}]_3$, der durch Zerfall von U^{235} geliefert wurde. Somit ist $[U^{235}]^* = [U^{235}] + [Pb^{207}]_3$. In analoger Weise können wir die heute vorhandene Menge $[Bi^{209}]$ aufgeteilt denken in einen unmittelbar entstandenen Anteil $[Bi^{209}]_1$, einen zweiten Anteil $[Bi^{209}]_2$, der sich aus den Kernen der Massenzahlen $A = 4n+1$, $209<A<237$ gebildet hat, und einen dritten $[Bi^{209}]_3$, der aus den Kernen der Massenzahlen $A = 4n+1$, $A \leq 237$ entstanden ist.

Gemäß der Regel von der «stetigen» Abhängigkeit der Häufigkeiten von der Massenzahl (Seite 267, Regel 3, sowie Abbildung) können wir nun setzen:

$$[Bi^{209}]_3 \approx [Pb^{207}]_3 + [U^{235}] = [U^{235}]^*$$

d. h. *die heute insgesamt vorhandene Menge an Wismut ist sicherlich größer als die Menge an* U^{235} *zur Zeit der Elemententstehung*. Diese Aussage, die ebenso zuverlässig erscheint wie die frühere Abschätzung von $[U^{235}]^*$, würde eine wesentlich genauere Angabe einer oberen Grenze für das Alter der Elemente ermöglichen, wenn die kosmische Häufigkeit des Wismuts hinreichend genau bekannt wäre. Nach Goldschmidt ist in Meteoriten[1]

$$[Bi^{209}]:[U^{235}] \approx 50:1,$$

somit wäre $[U^{235}]^*/[U^{235}]<50$ und das Alter der Elemente kleiner als $4 \cdot 10^9$ Jahre. Die Goldschmidtsche Angabe über die Wismuthäufigkeit dürfte jedoch recht ungenau sein; ein viermal höherer Wert, der nicht auszuschließen ist, würde für die obere Grenze $5{,}4 \cdot 10^9$ Jahre ergeben.

Mithin ergeben auch diese neuen Gesichtspunkte für die Abschätzung des Alters der Elemente kaum mehr als eine etwas erhöhte Wahrscheinlichkeit für die Richtigkeit der geläufigen Annahme, daß die Elemente vor etwa 4 bis $5 \cdot 10^9$ Jahren gebildet wurden. Durch Ergänzungen der experimentellen Unterlagen würde es jedoch ohne weiteres möglich sein, eine wesentlich präzisere Aussage über diese wichtige Größe zu machen.

H. E. Suess

Institut für physikalische Chemie der Universität Hamburg, den 4. Oktober 1948.

Summary

The abundance rules would probably allow the lower limit of the age of the elements to be more clearly defined if the half lives of long-lifed artificial isotopes, such as X^{129} Pd^{107} or Se^{79}, were known with better accuracy. They would permit the upper limit for the age of the elements to be improved, if the abundance of bismuth were known with better accuracy. From the values of these quantities at present available not much can be said, except that it seems more probable than hitherto assumed, that the age of the elements lies between 4 and $5 \cdot 10^9$ years.

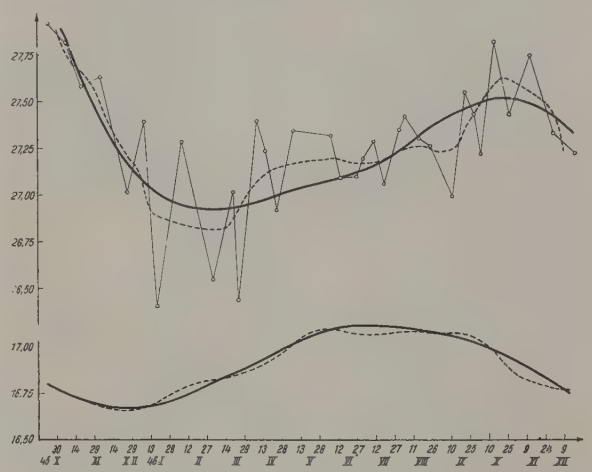
[1] Vgl. auch Harrison Brown, Rev. Mod. Phys. (im Erscheinen). Aus den dort angegebenen Häufigkeitswerten erhält man

$$[Bi^{209}]:[U^{235}] \approx 117:1$$

und somit für die obere Grenze des Elementenalters: $\sim 4{,}9 \cdot 10^9$ Jahre.

Polhöhenschwankungen 1945/46 in Basel

In den Jahren 1945/46 wurden nach dem Struve-Niethammerschen[1] Verfahren der Sternpaare im ersten Vertikal Polhöhenschwankungen an dem Passageninstrument Bamberg 8803 der Basler Sternwarte bestimmt. Zwecks Steigerung der Präzision der Passagenbeobachtungen wurde das selbstregistrierende Mikrometer von Repsold mit einer automatischen Nachführung versehen, und zwecks Elimination der Neigung wurde vor dem Umlegen der Instrumentenachse das direkte, nach dem Umlegen aber das vom Stern in einem Quecksilberhorizont reflektierte Bild beobachtet[2]. Die Beobachtungsepoche erstreckte sich über eine volle Chandlersche Periode von 1945,81 bis 1946,98 mit 132 Beobachtungsabenden und 508 Sternpaarmessungen (vgl. Abbildung).



Polhöhenschwankungskurve 1945.8–1947.0 von Basel (oben) ($\lambda = -0.5$) und Washington (unten) ($\lambda = 5.1$).

Die ——Kurve von Basel beruht auf der graphischen Mittelung der 34 Epochenmittel, also auf durchschnittlich 30 Niethammer-Struve-Paaren, während die Washingtoner ——Kurve aus durchschnittlich 60 Horrebow-Talcott-Paaren (Astron. J. Nr. 1159 [1946]; Nr. 1166 [1947]) abgeleitet ist.

Setzt man für die mittlere Polhöhe von Basel $\varphi_0 = 47°32'27''00$, so ist die für eine Epoche gültige Polhöhe $\varphi_0 + d\varphi$. Die Korrektur $d\varphi$ sowie die «Biegungskollimation» k_0 erhält man leicht aus der Differentialbeziehung des Kotangentensatzes, indem man in dem Dreieck Stern–Zenit–Pol das Azimut a_I gleich 90° setzt.

$$\text{(A)} \quad (da_0 - du \sin\varphi_0) \sin z_I \div (e_1)\,(e_2)\, k_0 \cos z_I - (e_1) \cos z_I \, d\varphi = (t - t_I) \sin z_I \sin\varphi_0 \begin{matrix} e_1 \{ +1\ *W \\ \quad -1\ *E \\ e_2 \{ +1\ *S/N \\ \quad -1\ *N/S \end{matrix}$$

(du Uhrgang; da_0 Instrumentenachsenazimut)

Zu einer gesonderten Bestimmung von $d\varphi$ und k_0 für jeden Abend ist also die Beobachtung von mindestens zwei Sternpaaren nötig.

In der folgendeu Tabelle sind die Abendmittel der einzelnen Sternpolhöhen zusammengestellt. Die erste

[1] Th. Niethammer, *Die genauen Methoden der astronomisch-geographischen Orts- und Zeitbestimmung*, S. 29, 106 (Basel 1948).

[2] Th. Niethammer und J. O. Fleckenstein, Exper. *1*, 328 (1945).

Datum 1945/46	n	Polhöhe 47°32′		m_a	k_0	Bemerkungen
1945						
X 20	6	28″66	X 23	0″25	–0″15	schwacher Wind
21	2	27″21	27″92	0″22	–0″08	Föhnaufheiterg.
27	5	27″89	(13)	0″26	–0″06	schwacher Wind
28	5	28″34		0″29	–0″06	Dunst
XI 2	4	26″10	XI 7	0″29	0″09	Nachf. schlecht
14	4	28″02	27″82	0″39	–0″13	$\Delta k_0 = 0″30$
15	4	28″84	(17)	0″20	–0″27	
16	4	27″84		0″12	0″06	Dunst
18	5	27″80	XI 19	0″20	–0″08	
19	4	27″80	27″58	0″14	–0″09	
21	3	26″86	(16)	0″06	–0″05	Dunst
28	2	27″43		0″08	0″05	Dunst
30	2	26″53		0″03	–0″02	Luft unruhig
XII 3	2	28″46	XII 4	0″14	–	Dunst
4	2	27″77	27″63	0″33	–0″15	Nachf. schlecht
14	5	27″95	(13)	0″20	0″22	Nachführung unstetig
18	4	27″28	XII 26	0″04	0″07	Föhnaufheiterg.
19	2	26″67	27″01	0″01	–0″02	Föhndunst
22	4	27″48	(17)	0″22	0″15	
1946						
I 3	4	26″19		0″14	–0″09	Wind
5	3	27″44		0″12	0″14	
7	4	27″55	I 8	0″13	–0″02	$\Delta k_0 = 0″20$,
8	4	26″34	27″39	0″13	0″09	Wind
9	6	28″29	(14)	0″24	0″30	
11	4	28″07		0″31	0″28	Föhnaufheiterg.
16	2	25″98	I 18	0″05	0″08	Wind
19	4	25″46	26″40	0″12	0″02	Dunst
25	6	26″08	(16)	0″14	–0″15	Δk_0 unstetig, Erdbeben
26	4	28″10	II 7	0″32	–0″60	
II 13	4	26″35	27″28	0″28	0″21	Mond blendet
14	6	27″32	(14)	0″08	–0″10	Mond blendet
26	4	26″14		0″27	–0″30	Föhnaufheiterg.
III 2	4	26″72	III 4	0″37	0″04	
5	4	26″59	26″54	0″24	–0″30	
12	5	26″70	(17)	0″14	–0″15	
18	5	26″48		0″12	–0″03	
19	3	26″24	III 20	0″31	0″16	Beginn in
20	5	26″74	27″01	0″17	–0″08	Dämmerung
25	4	28″56	(17)	0″11	0″05	
26	3	26″32		0″20	–0″15	
27	3	26″35		0″10	–0″10	
28	4	26″49	III 28	0″17	–0″09	
30	3	26″55	26″43	0″17	–0″30	
31	3	26″42	(16)	0″27	–0″14	
IV 1	3	27″52		0″22	–0″08	
2	5	27″10	IV 3	0″11	0″00	$\Delta k_0 = 0″20$
3	4	26″68	27″40	0″14	–0″18	Cirrocumuli
7	3	28″32	(15)	0″32	?	stören
IV 8	2	27″17		0″07	–0″30	Wolken
9	4	27″15		0″27	–0″10	Wolken
20	2	27″74	IV 16	0″02	0″00	
21	4	26″76	27″33	0″17	0″19	
24	4	27″35	(16)	0″04	–0″30	Wolken
25	6	27″25	IV 27	0″08	–0″02	
26	4	27″15	26″91	0″16	–0″35	
V 1	3	26″32	(13)	0″33	–0″30	

Datum 1946	n	Polhöhe 47°32′		m_a	k_0	Bemerkungen
2	5	27″13		0″15	–0″03	
3	3	27″06	V 7	0″04	–0″10	diesig u. föhnig
9	3	28″09	27″34	0″26	0″45	dünst., Cirrostr.
12	4	27″07	(15)	0″17	–0″18	Wolken
26	2	27″56		0″25	–0″11	Föhnaufheiterg.
28	6	26″91	V 31	0″23	–0″29	
VI 4	3	27″57	27″31	0″24	–0″03	Cirrocumulus
5	4	27″19	(15)	0″20	0″07	
6	2	26″73		0″33	0″36	Wolken
10	3	27″36		0″19	–0″08	Cirrocumulus
14	4	27″22	VI 13	0″21	0″02	Wind
15	2	27″02	27″08	0″06	–0″06	
20	5	27″08	(16)	0″14	–0″09	Dunst
25	4	27″17		0″15	0″02	Schlechte Nach-
27	4	27″30	VI 27	0″12	–0″02	führung in Z.D
28	3	26″25	27″08	0″03	–0″03	
29	8	27″60	(19)	0″01	0″02	$\Delta k_0 = 0″27$
30	4	27″00	VII 2	0″18	–0″04	$\Delta k_0 = 0″48$
VII 2	4	27″67	27″19	0″14	–0″15	
3	5	26″89	(13)	0″12	–0″22	
9	2	27″89		0″05	0″00	Mond blendet
10	4	27″83	VII 11	0″13	–0″16	
11	5	27″15	27″28	0″14	–0″09	Mond blendet
13	4	26″25	(15)	0″20	–0″06	
16	5	27″24	VII 19	0″15	–0″17	sehr klar
19	5	27″47	27″05	0″08	0″06	
23	4	26″43	(14)	0″28	0″26	
24	4	26″46		0″25	–0″06	$\Delta k_0 = 0″06$
26	2	27″24		0″04	0″03	
30	3	26″78	VII 29	0″05	0″02	Wolken
31	3	27″52	27″34	0″15	0″06	Wolken
VIII 2	6	28″68	(18)	0″20	0″16	
3	6	27″59		0″28	0″11	
4	4	27″34	VIII 5	0″09	0″08	
6	4	27″58	27″41	0″14	–0″15	
7	2	27″13	(16)	0″05	0″00	Wolken
9	4	27″98	VIII15	0″16	–0″15	
13	4	26″65	27″29	0″21	0″02	
22	4	27″24	(12)	0″23	0″15	
23	6	26″99	VIII25	0″33	0″04	
24	5	27″69	27″22	0″26	–0″09	
27	4	26″96	(15)	0″20	–0″09	$\Delta k_0 = -0″25$
IX 4	2	27″73		0″11	–0″07	Cirrostratus
10	6	26″48		0″21	–0″06	sehr klar
12	3	26″98	IX 11	0″31	0″21	
13	2	26″09	26″98	0″02	–0″06	
14	4	27″61	(17)	0″26	0″13	
IX 16	3	27″78		0″39	–0″30	
20	2	27″83		0″14	0″15	
21	2	27″55	IX 21	0″29	–0″30	
24	5	27″03	27″54	0″21	0″33	
25	4	27″50	(16)	0″37	0″02	
26	4	27″92	IX 27	0″11	–0″01	
27	6	27″48	27″32	0″14	–0″09	
28	4	26″87	(14)	0″25	0″06	$\Delta k_0 = -0″15$
29	6	27″00	X 1	0″15	–0″06	$\Delta k_0 = 0″33$
X 1	4	27″17	27″21	0″25	0″02	$\Delta k_0 = 0″18$
2	4	27″46	(14)	0″16	0″19	$\Delta k_0 = 0″15$

Datum 1946	n	Polhöhe 47°32		m_a	k_0	Bemerkungen
12	4	27″62		0″19	0″29	
13	4	27″58	X 14	0″15	–0″22	
16	4	28″54	27″81	0″09	–0″03	$\Delta k_0 = -0″24$
17	3	27″48	(15)	0″29	–0″34	
22	6	26″88	X 27	0″17	–0″18	$\Delta k_0 = 0″37$
25	6	27″67	27″43	0″13	0″17	$\Delta k_0 = 0″34$
XI 2	4	27″73	(16)	0″33	–0″18	
5	4	27″31		0″22	0″05	$\Delta k_0 = 0″25$
11	3	27″42	XI 12	0″26	–0″19	
13	4	28″11	27″74	0″29	–0″06	
21	2	28″13	(13)	0″26	0″19	
27	4	27″39	XII 1	0″05	–0″03	$\Delta k_0 = 0″15$
28	3	27″45	27″32	0″09	0″15	Dunst
XII 7	3	27″13	(10)	0″22	–0″12	
11	3	27″86		0″11	0″05	
18	3	27″31	XII 18	0″09	–0″06	
21	2	27″28	27″24	0″30	0″22	Hochnebel
22	3	26″51	(11)	0″16	–0″08	Dunst

Kolonne enthält das Beobachtungsdatum, die zweite die Zahl der beobachteten Sternpaare, die dritte das nach der Formel (A) resultierende Abendmittel, die vierte die zu Epochenmitteln zusammengefaßten Abendmittel aus durchschnittlich 15 Einzelpolhöhen, die fünfte den mittleren Fehler der Abendpolhöhe, die sechste den Abendmittelwert von k_0 und die siebente zusätzliche Bemerkungen. Von diesen Bemerkungen sind besonders die an manchen Abenden recht großen Änderungen der Biegungskollimation zu erwähnen, die auf einen noch nicht ganz geklärten systematischen Effekt, welcher der neuen Methode anhaftet, hinzuweisen scheinen. Das Mittel aller mittleren Fehler der Abendpolhöhen beträgt $\overline{\mu}_a = 0″18$. Also ist der mittlere Fehler einer Sternpaarpolhöhe, da durchschnittlich pro Abend 3.85 Sternpaare beobachtet wurden:

$$\overline{m}_a = \sqrt{n} \cdot \overline{\mu}_a = 0″18 \sqrt{3.85} = 0″35_4.$$

Die genauere Analyse des Materials, die insbesondere auf eine Verbesserung der Deklinationen der Sternpaare $\frac{\Delta\delta_E + \Delta\delta_W}{2}$ abzielt und später publiziert werden soll, wird diesen mittleren Fehler weiter herunterdrücken und beurteilen lassen, ob sich die nach der Theorie erwartete Komplementarität der Niethammer-Struve-schen- zur Horrebow-Talcotschen-Methode des internationalen Breitendienstes auch praktisch realisieren läßt[1].

J. O. Fleckenstein

Astronomisch-meteorologische Anstalt der Universität Basel, den 7. April 1949.

Summary

The curve of variation of latitude 1945.81–1946.98 at the Basle Observatory derived from Niethammer-Struve method of the prime vertical observations is given.

[1] J. O. Fleckenstein, Verh. Schweiz. Nat. Ges., S. 91 (1943).

Mesure du nombre de neutrons thermiques par la méthode photographique

En incorporant à l'émulsion photographique des isotopes capables de réagir avec les neutrons lents ou thermiques pour donner des particules rapides assez ionisantes, le dénombrement des traces caractéristiques de ces réactions permet de calculer le flux des neutrons qui traversent l'émulsion pendant la durée de l'exposition. On utilise pour ceci les sections efficaces correspondantes à ces réactions, grandeurs de mieux en mieux connues. Les noyaux à grandes sections efficaces tels que le B10 et le Li6 sont particulièrement intéressants pour la détermination du nombre de neutrons lents d'un flux de faible intensité. Nous avons effectué un certain nombre de mesures, afin de nous rendre compte des conditions d'application de cette méthode et de l'importance de multiples causes d'erreurs.

Nous nous sommes servis de plaques Ilford C2 et E2 dont les émulsions ont été préparées en ajoutant des composés de bore ou de Li. Elles ont été soumises à l'action des neutrons lents produits par une source Ra-Be, ralentis dans de la paraffine, la radiation gamma peut être fortement atténuée par des écrans de plomb judicieusement disposés, mais cette précaution n'est pas toujours nécessaire. Les émulsions utilisées dans ce but avaient, à l'état vierge, une épaisseur nominale de 50 μ. Il est facile de remplir les conditions d'une bonne géométrie. La mesure exacte de cette épaisseur ne va pas sans quelques difficultés liées à l'opacité de la couche et à sa faible résistance à la pression d'un palpeur. Il est, par contre, possible de déterminer optiquement l'épaisseur de l'émulsion dévelopée, fixée et séchée dans une enceinte à température et à humidité relative constantes. On mesure la différence de mise au point entre les surfaces limites de la gélatine à l'aide d'un microscope à très faible profondeur de champ sur lequel est fixé un comparateur micrométrique de précision.

Toutes les traces de longueurs comprises dans un domaine assez large dont les limites sont distantes de 6μ dans le cas du bore, ont été considérées comme résultant de la réaction utilisée. On détermine un effet zéro, toujours très bas, en développant et fixant des plaques d'un même lot après une irradiation dans les mêmes conditions, mais les neutrons thermiques étant absorbés par des écrans de cadmium. Le nombre des traces comptées et attribuées à l'action des neutrons lents est un peu trop faible par suite de l'existence de traces relativement courtes, perpendiculaires à la plaque photographique qui peuvent échapper à l'observation. Dans le cas du B10 le nombre de traces comptées est accru par celles, peu nombreuses il est vrai, résultant de la réaction $^{14}_{7}\mathrm{N}\ (\mathrm{n,p})\ ^{14}_{6}\mathrm{C}$. Cet effet est relativement petit, la section efficace du B étant environ 400 fois plus grande que celle de l'azote et la concentration des deux éléments étant du même ordre. Les statistiques de la répartition des traces au sein de l'émulsion n'ont pas présenté d'irrégularité qui mettent en évidence des différences de concentration ou de sensibilité appréciables. Le flux de neutrons mesuré à l'aide des émulsions au bore s'accorde bien avec celui mesuré dans les mêmes conditions avec les émulsions au lithium. Contrairement à la détermination du nombre de neutrons thermiques, le rapport de la section efficace du bore à celle du lithium pour les réactions considérées peut être calculé directement et exclusivement à partir de nos mesures. La valeur obtenue, de 0,102 s'accorde bien avec les dernières publiées[1] et

[1] F. W. Fenning, A. R. Graham et H. Seligman, Canadian J. Res. *25*, 73 (1947). – J. Rainwater et W. Havens, Phys. Rev. *70*, 136 (1946). – W. Havens et J. Rainwater, Phys. Rev. *70*, 154 (1946).

confirme la validité de la technique mise en œuvre. Le détail des mesures effectuées l'an dernier sera publié prochainement dans le «Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles». Ch. Haenny et O. Klement

Laboratoire de chimie physique, d'électrochimie et de recherches nucléaires, Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne, le 9 mai 1949.

Zusammenfassung

Mit Hilfe von photographischen Emulsionen für Kernforschungen, die Bor oder Lithium enthalten, wird die Strahlungsintensität von langsamen und thermischen Neutronen gemessen. Dabei werden gewisse Vorsichtsmaßnahmen beachtet. Die Zählung der Atomkerne dieser Elemente, die an der Reaktion teilnehmen, gibt dann Werte, die miteinander übereinstimmen.

Das Wirkungsquerschnittverhältnis zwischen Lithium und Bor beträgt 0,102.

Images latentes à la surface d'un macrocristal de bromure d'argent

Si un macrocristal de bromure d'argent est soumis suffisamment longtemps à un faisceau de lumière absorbable, il se produit, comme on sait, une image dite de «print out» dans l'intérieur du cristal, image foncée dessinant le trajet du faisceau de lumière. L'étude de ce phénomène et de ses relations avec l'image latente photographique a donné lieu à de nombreux travaux. Il ne semble pas, en revanche, que l'on ait étudié jusqu'ici l'action d'un réducteur du type des révélateurs photographiques sur des cristaux macroscopiques de bromure d'argent, pour en déduire des renseignements sur la nature de l'image latente.

Des masses cristallines de bromure d'argent sont préparées en lumière rouge à partir du sel fondu[1], puis découpées au tour en disques de 2 à 3 cm de diamètre sur quelques mm d'épaisseur. Ces disques sont formés d'une juxtaposition de cristaux, qui peuvent avoir plusieurs millimètres de côté et dont le comportement individuel peut être observé sous le microscope. Le révélateur était le plus souvent une solution alcaline d'hydroquinone, parfois additionnée de sulfite de sodium.

Développement d'un cristal non exposé à la lumière. Quelques secondes après que la surface polie d'un disque cristallin ait été mise en contact avec le révélateur, des grains d'argent apparaissent sous le microscope. Ces grains gossissent jusqu'à couvrir toute la surface cristalline, mais il ne s'en forme pas de nouveaux au cours du développement. Leur distribution est déterminée dès les premiers instants du contact entre le révélateur et la surface. Ils dessinent des formes géométriques simples (fig. 1) qui peuvent être mises en relation avec la structure du bromure d'argent[2]. A la surface d'un même monocristal, les formes des grains sont identiques et orientées parallèlement les unes aux autres. La densité de distribution des grains d'argent (correspondant au voile photographique) dépend de la composition du révélateur et peut passer, suivant celle-ci, de moins de 100 grains à plus de 10^6 grains par mm^2. Ceci conduit à penser que les germes d'argent superficiels (image latente) ne sont pas tous également développables, un révélateur donné ne faisant apparaître qu'une partie d'entre eux.

Indépendance de l'image de «print out» et de l'image développable. Si un cristal de bromure d'argent a été soumis à l'action d'un faisceau homogène de lumière blanche couvrant partiellement sa surface, on observe après développement une image du faisceau: la densité de distribution des grains d'argent réduits est différente dans les régions éclairées ou obscures. En revanche si, après exposition, on renouvelle la surface par abrasion, puis développe, les grains d'argent correspondant au voile (fog) sont distribués uniformément sur la surface du cristal, comme en l'absence d'exposition. Répétant l'exposition, le développement, puis l'abrasion à plusieurs reprises, en modifiant chaque fois la forme ou la position du faisceau lumineux, on peut obtenir avec un même cristal une succession d'images dont chacune est indépendante de celles qui précèdent. Cette indépendance persiste dans le cas où les expositions ont été poussées jusqu'à apparition d'une nette image de «print out». Du point de vue du développement

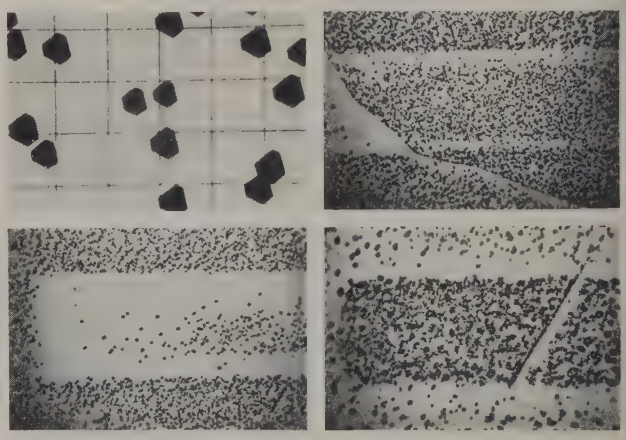


Fig. 1 - 4.

et par conséquent de l'image latente, un cristal qui a subi des traitements lumineux variés retrouve ses propriétés primitives chaque fois que la surface est renouvelée.

Structure des images de développement. Cette structure dépend de l'état de la surface. En particulier, les images de développement d'un cristal soumis à un faisceau lumineux ont un aspect très différent suivant que la surface est polie ou au contraire dépolie.

Images de développement sur une surface polie. La région exposée apparaît en clair sur fond foncé. Les grains sont beaucoup moins nombreux dans la région exposée que dans la région non exposée. Si la durée d'exposition est petite, seuls les bords de l'image sont relativement pauvres en grains d'argent développés (fig. 2)[1]. Si la durée d'exposition est plus grande, la raréfaction gagne le centre de l'image (fig. 3). L'image est fréquemment bordée d'une bande étroite plus riche en grains que le voile.

Images sur une surface dépolie ou excitée par frottement. Une surface cristalline grossièrement dépolie (émeri) se comporte d'une manière analogue à l'émulsion photo-

[1] S. Kyropoulos, Z. anorg. Ch. *154*, 308 (1926).

[2] Cette relation fera l'objet d'une note ultérieure.

[1] Les figures 2, 3 et 4 (positifs photographiques) représentent l'image de développement d'un faisceau lumineux provenant d'une fente, et d'une largeur de 0.6 mm.

graphique. On obtient par développement un négatif, les régions éclairées étant foncées sur fond clair. Les résultats sont plus suggestifs avec un dépolissage moins accentué, obtenu par exemple en frottant très légèrement, avec une étoffe douce, la surface cristalline préalablement polie (fig. 4). Les grains sont plus nombreux dans la région éclairée que dans la région obscure. Ils sont particulièrement nombreux sur les bords de la région éclairée.

Certains caractères de la structure des images obtenues peuvent être attribués à un épuisement local du révélateur ou à l'action des produits de la réaction (neighbourhood effect). Mais, pour rendre compte du renversement de l'image suivant l'état de la surface et de la disparition des germes développables sur une surface polie, il paraît possible de faire appel à une grande mobilité des germes.

Sur une surface polie, la diffusion des germes développables l'emporterait sur leur formation photochimique à partir du bromure d'argent, ce qui conduirait à leur raréfaction dans la région éclairée.

Sur une surface dépolie, et par conséquent bouleversée sur une certaine profondeur, la diffusion des germes par effet photo-électrique interne serait moins rapide; leur formation photochimique dominerait, ce qui conduirait à une augmentation de la densité de l'image de développement dans la région éclairée.

Ainsi, l'image de développement d'un macrocristal de bromure d'argent éclairé pourrait être, dans ses grandes lignes, le résultat d'une compétition entre la formation de germes développables et leur diffusion ou destruction par effet photo-électrique interne.

Ch. G. Boissonnas

Laboratoire de chimie physique de la Sorbonne, Paris, et Institut de chimie de l'Université de Neuchâtel, le 8 mars 1949.

Summary

If macrocrystals of silver bromide are exposed to a beam of light covering a part of the surface, and then superficially reduced with a photographic developer, the images are different with polished or rough surfaces. When the surface is polished, the density of the exposed area is smaller than the density of the surrounding fog. When the surface is rough, the reverse phenomenon takes place, and the exposed area shows, after being developed, a greater density than the fog. Other facts are described and a provisional theory is proposed, based on the supposition that the diffusion rate of the germs of the latent image is related to the state of the exposed surface.

Spektrographische Untersuchungen an schweizerischen Kupfererzen

Die Reichhaltigkeit der Mineralparagenesen ist eines der Kennzeichen schweizerischer Erzlagerstätten. Starke Anreicherungen ganz bestimmter Metalle, wie man sie aus wirtschaftlichen Gründen wünscht, sind dagegen verhältnismäßig selten. Der Grund dafür liegt in der besonders gestalteten geologischen Vorgeschichte des westalpinen Raumes. Hier ist durch ältere Gebirgsbildung und ganz besonders durch die alpine Orogenese der Mineralinhalt mehrfach umgelagert worden (im wesentlichen: Stoffzufuhr und -abfuhr). Auf die Vielzahl der Prozesse, die hierbei zu berücksichtigen sind, hat u. a. Huttenlocher hingewiesen[1]. Letzterer war als Leiter des Mineralogisch-petrographischen Instituts der Universität Bern schon lange bestrebt, die Spektralanalyse zur Klärung von petrologisch-geochemischen Fragen einheimischer Minerallagerstätten heranzuziehen. Als einer der Verfasser (W. Meier, Anorganisch-chemisches Institut) bei seinen Spektralanalysen, die er im Zusammenhang mit urgeschichtlichen Problemen vornahm, Erze mit in die Untersuchung einbeziehen mußte, schien ein gemeinsames Vorgehen beider Institute erwünscht. Dies um so mehr, als der andere Verfasser (Th. Hügi) mit der Untersuchung einzelner Lagerstätten für das Büro für Bergbau des KIAA[1]. beauftragt war und dabei Anregungen für spektralanalytische Erzuntersuchungen empfing.

Zur Durchführung der Spektralanalysen, über die nachstehend berichtet wird, stand uns ein Zeiß-Quarzspektrograph «Q 24» zur Verfügung[2]. Die Proben wurden im Bogen (40–50 V, 2–3 A) z. T. direkt oder als Pulver auf Kupfer, z. T. nach einer Auftrennung in verschiedene Fraktionen untersucht. Eine solche schien wegen der relativ kleinen Dispersion des Spektrographen dann nötig, wenn ein stärkerer Eisengehalt eine allzu große Liniendichte im Spektrum verursacht. In diesem Fall wurde das Mineral mit Königswasser behandelt und die in Lösung gegangenen Anteile nach Überführung in Chloride in salzsaurer Lösung mit Äther ausgezogen. Zur Untersuchung gelangten: unlöslicher Rückstand, eisenarme Säurefraktion, eisenreiche Ätherfraktion und ursprüngliches Mineral (wegen der in Form flüchtiger Chloride z.T. verlorenen Bestandteile, wie As usw.). Eine rohe Gehaltsschätzung erfolgte mit Hilfe von homologen Linien, Vergleichslegierungen und Salz- bzw. Oxydmischungen bekannter Zusammensetzung.

Von den wenigen einheimischen Kupfererzvorkommen wurden nach den geschilderten Verfahren untersucht: Grimentz (Baicolliou und Biolec im Val d'Anniviers), Bristenstock (Wasserzuleitungsstollen Kraftwerk Amsteg), Mürtschenalp, Gnapperkopf (bei Vättis, Kt. St. Gallen) und Flumser Berg. Während des letzten Weltkrieges beutete man einzig in der Grube Baicolliou eine Zeitlang Erz aus und gewann in der Kupferhütte Grimentz etwas Kupfer (vgl. Probe Nr. 3 und 4 der Tabelle).

Zu den untersuchten Lagerstätten und zu den Analysenresultaten, die in einer Tabelle zusammengestellt sind, sei im einzelnen Nachstehendes bemerkt: Die Erze von *Grimentz*[3] treten in der Form von unregelmäßigen, linsenartigen Erzzügen in den Casannaschiefern (= Serizit-Chlorit-Schiefer, z. T. mit Turmalin und Epidot) der Bernharddecke auf. Für die Grube *Baicolliou* ist folgende Paragenese typisch: Kupferkies, Fahlerz, Pyrit (mehr als 5 Vol. %). Dazu kommen Wismutglanz, Eisenglanz, Bornit, Malachit, Azurit, Chalkosin, Covellin mit insgesamt weniger als 5 Vol. %. Erythrin wurde nur selten gefunden. Quarz, eisenschüssiges Karbonat, Albit und z. T. Baryt bilden die Gangart. Zwischen den genannten und den übrigen Lagerstätten des Val d'Anniviers bestehen, trotz der Verschiedenartigkeit ihrer Mineralparagenesen, mannigfache genetische Beziehungen, was erneut durch die spektralanalytische Untersuchung zum Ausdruck kommt. So deuten geringe bzw. etwas höhere Co- und Ni-Gehalte in den Erzen von Baicolliou

[1] Beitr. z. Geol. d. Schweiz, Geotechnische Ser., Kl. Mitt. Nr. 4 (Bern 1934).

[1] Vgl. *Der schweizerische Bergbau während des zweiten Weltkrieges*, hg. vom Büro für Bergbau des KIAA. (Bern 1947).

[2] An dieser Stelle möchten wir den HH. Prof. Dr. Feitknecht und Prof. Dr. Huttenlocher für das bekundete Interesse am Fortgang der Untersuchung und für die erteilte Erlaubnis zur Benutzung der Apparatur bestens danken.

[3] Näheres zu diesen verschiedenen Lagerstätten bei Grimentz siehe in: Schweiz. min. u. petr. Mitt. *5* 181 (1925), und Beitr. z. Geol. d. Schweiz, Geotechn. Ser., 22. Liefg. (Bern 1945).

bzw. von *Biolec* auf die Verwandtschaft mit der ausgesprochenen Co-Ni-Lagerstätte von Kaltenberg im Turtmanntal hin[1]. Andererseits erinnert die Anwesenheit von In, Sn, Zn und Pb an die weiter westlich gelegene Pb-Zn-Lagerstätte von Praz Jean. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß eine seinerzeit im Auftrage des Büros für Bergbau[2] mittels klassisch-analytischer Methoden ausgeführte Analyse eines Scheiderzes von Praz Jean u. a. folgende Gehalte ergab: ca. 5 g In und ca. 40 g Sn pro Tonne. Die Annahme einer markanten Mittelwalliser Erzprovinz im Sinne Huttenlochers[3] wird durch spektrographische Befunde erhärtet. Es war ein und derselbe Herd, der die magmatischen Erzlösungen für die Erzvorkommen der Bernharddecke im Mittelwallis lieferte.

[1] Beitr. z. Geol. d. Schweiz, Geotechn. Ser., 25. Liefg. (Bern 1946).

[2] Für die Erlaubnis zur Bekanntgabe nachfolgender Daten sind wir Herrn Dr. H. Fehlmann, ehemaliger Chef des Büros für Bergbau (1941–45), zu Dank verpflichtet.

[3] Schweiz. min. u. petr. Mitt. *22*, 384 (1942).

Für *Bristenstock* lautet die typische Mischerzparagenese[1]: Bleiglanz, Kupferkies, Zinkblende, Pyrit, Magnetkies, Zinnkies, Argyrodit, gediegen Ag und Bi, Silberglanz, Fahlerz. Vereinzelt finden sich auch praktisch reine Pyriterze. Die untersuchten Erze des Stollens (km 5,26) bilden linsenartige Einlagerungen in hochmetamorphen kristallinen Schiefern des Aaremassivs. Die in Zinkblende häufig angereicherten Elemente Ga, In und Tl sind nachweisbar. Ge wurde nur im Pyriterz mit Sicherheit nachgewiesen, obschon zu erwarten wäre, daß gerade das Mischerz relativ reich an Ge sein sollte. Möglicherweise enthielt die untersuchte Mischerzprobe keinen Argyrodit und ferner kein Silbererz. Charakteristisch sind die Hg- und Sn-Gehalte.

Die Vorkommen *Mürtschenalp*, *Gnapperkopf* und *Flumser Berg* weisen als Haupterze Buntkupfererz (Bornit), bzw. Fahlerz, bzw. gediegen Kupfer[2] auf. Das in konglomeratisch entwickeltem Verrukano auftre-

[1] Schweiz. min. u. petr. Mitt. *3*, 263 (1923); Verh. Schweiz. Naturf. Ges. 297 (1936).

[2] Das Material stellte uns in verdankenswerter Weise Prof. Dr. R. L. Parker aus der Wiserschen Sammlung zur Verfügung.

Probe	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*
Na					*				+			
K									+	+		
Cu	X	X	X	X	X	++	+	++	X	X	X	X
Ag	+				+				+	+	+	+
Au	+	++					(+)				+	
Mg	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	(+)
Ca	+	++	+	(+)	+	+	++	++	++	++	+	(+)
Sr									+	+		
Ba	+			+	+				+	+		(+)
Zn	++	+	++	+	+	++		++	+	+	+	
Cd						(+)				+	+	
Hg		+	+			+	(+)	+				
B	?								+			
Al	+	+	+	(+)	+	(+)	+	+	+	+		
Ga	+	+	?		+			+	+			
In	+	+	+			++		+				
Tl	+				+		+			+		
Ti					+				+			
Zr	+											
Si	X	+	++	+	++	+	+	+	++	+	+	(+)
Ge	+	+	+	+		?	+	(+)				
Sn	++	+	+	(+)	+	+	+	+	+			
Pb	+	(+)	+	+	+	X	(+)	+	+	+	+	
V	+				+				+			
P		+	+		(+)		+		+			
As	++	+	+	+	++	+		+	++	+	+	++
Sb	+	+	++	(+)	++	+	+	(+)	+	(+)	++	(+)
Bi	++	++	++	+	++	+	(+)		(+)	(+)	+	
Cr	+				+			+	+			
Mo									++	+		
S	X	X	X		X	X	X	X		X	X	
Te		+	?		(+)	(+)	+	?			+	
Mn	+	+	(+)	+	+	+	+	+	++	+		
Fe	X	X	X	(+)	+ +	+ +	X	+ +	+		:	
Co	+	+	+	(+)	+ +	+	+	+	+	(+)	+	
Ni	(+)	+	(+)		+ +	(+)	(+)	+	(+)			

* Li

Richtgrößen: X Hauptbestandteil > 1%, ++ ca. 1–0,1%, + ca. 0,1–0,01%, (+) < 0,01% (Spuren).

1 Erzprobe, Grube Baicolliou
2 Durchschnittsprobe Baicolliou
3 Endkonzentrat eines Flotationsversuchs des Erzes Baicolliou (Cu = 32,7%)
4 Elektrolytkupfer, Kupferhütte Grimentz
5 Erzprobe, Grube Biolec
6 Mischerz, Zuleitungsstollen Kraftwerk Amsteg
7 Pyriterz, l. id.
8 Erz mit Nebengestein, l. id.
9 Malachitprobe, Mürtschenalp
10 Buntkupfererz, l. id.
11 Fahlerz, Gnapperkopf bei Vättis (Kt. St. Gallen)
12 Gediegen Kupfer, Flumser Berg

tende Kupfererz der Mürtschenalp unterscheidet sich von den obenerwähnten Lagerstätten vor allem durch die Anwesenheit von Sr, B, Cr und Mo. Das in Quarzgängen des Triasdolomits eingesprengte Erz des längst aufgelassenen Bergwerks Gnapperkopf[1] ist in bezug auf seine Spurenelemente am ehesten mit demjenigen der Mürtschenalp vergleichbar. Das Kupfer vom Flumser Berg muß als relativ rein angesprochen werden.

TH. HÜGI und W. MEIER

Mineralogisch-petrographisches und Anorganisch-chemisches Institut der Universität Bern, den 1. März 1949.

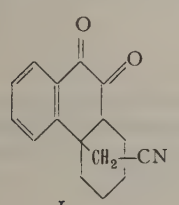
Summary

Spectrographical analysis has been made from several Swiss copper-ore deposits. The results are given in tabular form.

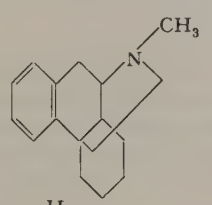
[1] Schweiz. min. u. petr. Mitt. *21*, 80 (1941).

The Synthesis of Ring Systems Related to Morphine. II The Carbon-Nitrogen Ring System

A short time ago the synthesis of 9,10-dioxo-13-cyanomethyl-5, 8, 9, 10, 13, 14-hexahydrophenanthrene (I) was reported[1]. The present communication deals with the conversion of this substance to a saturated cyclic compound whose structure, to a high degree of probability, may be represented by II, and which thus

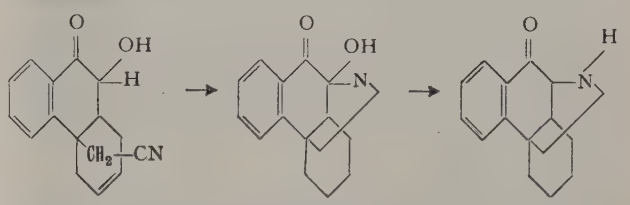


I



II

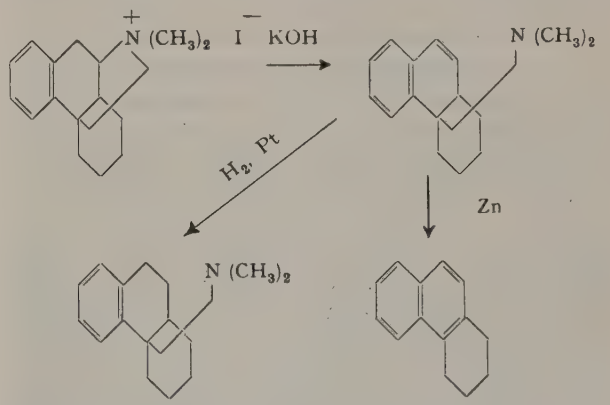
contains the carbon-nitrogen skeleton present in morphine. I on hydrogenation over copper chromite at 135° and moderate pressures is converted to an alkali-insoluble dihydro compound, m. p. 252·5–254° (Calc.: C 75·86; H 5·96; Fd.: C 75·73; H 6·08) in 50% yield. Since the ready alkali-solubility of the parent I must be due to the dicarbonyl system, we have assumed that in the dihydro compound the dicarbonyl system, not the carbon-carbon double bond, has been attacked. Further reduction of this neutral substance over Raney nickel at room temperature and atmospheric pressure produces in 75% yield a saturated basic hexahydro derivative, m. p. 242–243·5° (Calc.: C 74·67, H 7·44; Fd.: C 74·47; H 7·29) with the absorption of two moles of hydrogen. It is not further reduced over either Raney nickel or palladium-carbon at atmospheric pressure. Ring closure at either C 9 or C 10 appears to offer the best explanation of this reaction, since the open chain saturated substance (one isomer of which has been obtained by reduction of I with Raney nickel, m. p. 201–207° with profound decomposition, Calc.: C 74·09, H 8·16; Fd.: C 74·03, H 8·37) is necessarily on octahydro derivative. Of the two possibilities, we regard ring closure at C 9 as much the more probable, since ring closure at C 10 necessitates the formation of a seven-membered ring, but ring closure at C 10 cannot at present be ruled out. The hexahydro compound readily forms a neutral diacetyl derivative (m. p. 137–138·7°, Calc.: C 70·35, H 6·78; Fd.: C 70·10, H 6·71) and is converted by the action of hydrogen iodide and red phosphorus quantitatively into a basic desoxy compound (m. p. 207–208°, Calc.: C 79·63, H 7·93; Fd.: C 79·57, H 8·00) which forms a neutral monoacetyl derivative (m. p. 135·5–137°, Calc.: C 76·29, H 7·47; Fd.: C 76·57, H 7·91). This series of reactions has tentatively been formulated as follows:



Dihydro Compound Hexahydro Compound Desoxy Compound

Carbonyl derivatives of the desoxy compound have not been obtained, but the analytical figures require that the oxygen be present in the form of a carbonyl group. This oxygen is removed by hydrogenation over copper chromite at 200–225° and 140–150 atmospheres pressure to yield an oily oxygen-free base[1] which was not characterized as such but was methylated by the action of formaldehyde and formic acid to the N-methyl derivative II (Calc.: C 84·59, H 9·60; Fd.: C 84·12, H 9·77), purified through its picrate (m. p. 210–212° dec., Calc.: C 58·71, H 5·57; Fd.: C 58·72, H 6·05).

The methylated base II, regenerated from its picrate and distilled, is a stable colorless oil which is saturated to Adams catalyst. It appears to be isomeric with the substance "morphinane", m. p. 62°, obtained by GREWE in his elegant synthesis[2]. Its methiodide (m. p. 232–235° dec. Calc.: C 56·39, H 6·84; Fd.: C 56·43, H 7·15) on short boiling with strong alkali affords an unsaturated oily desbase, soluble in dilute acids (Calc.: C 84·65, H 9·87; Fd.: C 84·09, H 9·43; picrate, m.p.



207–209°, mixed m. p. with picrate of II, 176–195°, Calc.: C 59·49, H 5·82; Fd.: C 59·35, H 6·09) which on hydrogenation over Adams catalyst absorbs one mole of hydrogen and is converted to an oily dihydro-desbase (Calc.: C 83·98, H 10·57; Fd.: C 84·48, H 10·66; picrate, m. p. 191–193° Calc.: C 59·25, H 6·21; Fd.:

[1] M. GATES and W. F. NEWHALL, J. Amer. Chem. Soc. *70*, 2261 (1948).

[1] The complete removal of oxygen from the molecule under these conditions can be taken as evidence of a sort for ring closure at C 9, since if ring closure had taken place at C 10, the oxygen at C 9 would be much more difficultly removable by hydrogenation than one at C 10 adjacent to the aromatic ring. Cf. CH. GRUNDMANN, *Newer Methods of Preparative Organic Chemistry* (Interscience Publishers, New York, 1948), p. 111.

[2] R. GREWE, Naturwissenschaften *33*, 333 (1946); Z. angew. Chem. *A 59*, 194 (1947).

C 59·34, H 6·30). The des-base, on distillation with zinc dust, yields 1,2,3,4-tetrahydrophenanthrene, isolated as its picrate, m. p. 108–110°, not depressed by admixture with authentic 1,2,3,4-tetrahydrophenanthrene picrate, and further characterized as its trinitrobenzene derivative, m. p. 126·5–127·5°, not depressed by admixture with authentic 1,2,3,4-tetrahydrophenanthrene-trinitrobenzene of m. p. 128–129°, (Calc.: C 60·75, H 4·34; Fd.: C 60·67, H 4·96).

If our supposition as to the point of attachment of the nitrogen atom (at C 9) is correct, then the isomerism[1] of our base and Grewe's morphinane must be the result of isomerism at carbon atoms 13 and 14. Degradative work designed to ascertain the stereochemical nature of the ring juncture in question has been begun in this laboratory.

The 3,4-dimethoxy derivative of I (m. p. 238–239°, Calc.: C 69·44, H 5·51; Fd.: C 69·77, H 5·65) has also been prepared in quantity, and its reduction is under investigation.

M. Gates and W. F. Newhall

Park Laboratory, Bryn Mawr College, Bryn Mawr, Pa., January 10, 1949.

Zusammenfassung

9,10-Dioxo-13-cyanmethyl-5,8,9,10,13,14-hexahydro phenanthren wurde durch eine Reihe von Reduktionen, deren Mechanismus nicht vollständig aufgeklärt ist, in eine neue Verbindung übergeführt. Diese besitzt sehr wahrscheinlich das Kohlenstoff/Stickstoffgerüst des Morphins oder eines seiner Stereoisomeren. Es wird über Abbaureaktionen berichtet, die diese Struktur bestätigen können.

[1] Prof. R. Grewe has informed us privately that a by-product of his synthesis, obtained in small amounts[2] appears to be identical with our substance (correspondence in melting points of picrate, methiodide, desbase picrate, dihydrodesbase picrate).

[2] Concerning *Pikrat A* vide R. Grewe, Ber. Dtsch. chem. Ges. *51*, 285 (1948).

Some Observations on the Oxidative Degradation of Cholesterol

The oxidation of cholesterol acetatedibromide with chromic acid, as developed by Ruzicka[1], is now classic. From the breaking-down of the aliphatic side-chain of cholesterol by this method a variety of degradation products results, such as dehydroisoandrosterone, pregnenolone, etiocholenic acid, etc.[2], which are important in the synthesis of biologically active steroids. 5-Dehydroisoandrosterone is frequently used as starting material for such syntheses. The mechanism of this oxidative degradation is incompletely understood. Recently Billeter and Miescher[3] advanced a theory on the side-chain fission of cholesterol with chromic acid. They assume that the tertiary carbon-atoms at C_{14}, C_{17}, C_{20}, and C_{25} are the points where the molecule is attacked and from which directly, or indirectly from other intermediate products, tertiary carbinols arise. When split off, these hydroxy groups would yield water while the resulting carbon-carbon double bonds are then disrupted, giving rise to ketones and acids. Many compounds have been isolated and identified that afford confirmation of this theory[2].

[1] L. Ruzicka, Swiss Pat. 182391 (1933). – L. Ruzicka and A. Wettstein, Helv. chim. acta *18*, 987 (1935).

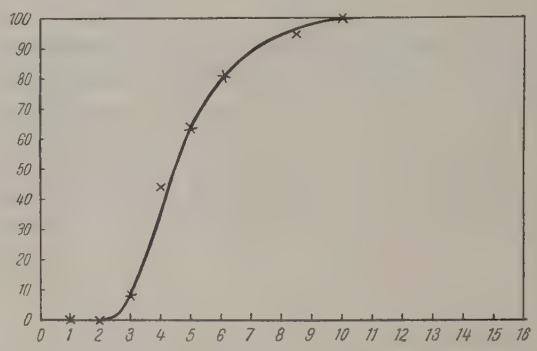
[2] For a review see: J. R. Billeter and K. Miescher, Helv. chim. acta *30*, 1415 (1947).

[3] J. R. Billeter and K. Miescher, Helv. chim. acta *30*, 1414 (1947).

As in this laboratory a similar conclusion as to "intermediate products" had been drawn from other experiments, it was decided to present a few relevant results.

The rate of formation of dehydroisoandrosterone acetate from cholesterol acetatedibromide by oxidation with chromic acid in a solution of glacial acetic acid and dichlorethane was determined. For this purpose the dehydroisoandrosterone acetate formed had to be estimated at various stages of the reaction.

In view of the quantitatively inaccurate and laborious methods available, the isolation of this ketone from the other ketones known to be produced by the oxidation was avoided. Instead of this the colorimetric assay of 17-ketosteroids with the reaction of Zimmermann[1], as adapted by Callow and coworkers[2], was used. In this assay advantage is taken of the instability of the coloured reaction products of the 20-, 25-, and other keto-steroids with m-dinitrobenzene in alkaline alcoholic solution, in contradistinction to the more lasting colour



The figure shows the amounts of 5-dehydroisoandrosterone acetate (I), formed by oxidation of cholesterol (as its acetate dibromide) with chromic acid, against time. – The reaction time (in hours) is plotted on the abscissa. The ordinate represents the amounts of (I) expressed in percentage of the total dehydroisoandrosterone acetate formed.

obtained with 17-keto-steroids, e. g., dehydroisoandrosterone acetate. Thus, for instance, the oxidation products of cholesterol, $\Delta^{5,6}$-pregnene-ol-(3β)-acetate-one-20 and $\Delta^{5,6}$-nor-cholestene-ol-(3β)-acetate-one-25 give labile coloured products with colour values of about $^1/_8$ and $^1/_{10}$ respectively of that of dehydroisoandrosterone acetate. These are known to be formed in much smaller amounts than dehydroisoandrosterone acetate. The other known oxidation products gave such faint colours as to be also negligible. The oxidations were performed approximately by the usual procedure[3], using glacial acetic acid distilled over chromic acid and dichlorethane with a negligible chromic acid titre. The reaction temperature was kept constant within $\pm$ 2°. The chromic acid solution was added at a uniform rate over 7 hours and the consumption of the oxidant was controlled iodometrically. At regular intervals aliquot samples were taken and the mixture of reaction components in the samples was "fixed" by reduction of the small excess of chromic acid with methanol. The samples were further worked up by evaporating the dichlorethane *in vacuo*, splitting off the bromine with zinc dust and

[1] W. Zimmermann, Z. physiol. Ch. *233*, 257 (1935); Vitamine und Hormone *5*, 1 (1944); Schweiz. med. Wschr. *76*, 805 (1947).

[2] N. H. Callow, R. K. Callow, and C. W. Emmens, Biochem. J. *32*, 1312 (1938).

[3] For experimental details see F.I.A.T. Final Report No. 996. ed. by C. R. Addinall, p. 29 (London, 1947).

separating the debrominated reaction mixtures into acid and neutral components.

The neutral components were dissolved in ether in a stoppered graduated flask and, after a preliminary colorimetric assay, dilutions were made containing about 100–150 μg dehydroisoandrosterone acetate p. ml. From each of these solutions 6 samples of 1 ml were taken and the average of the colorimetric values was read on a daily standard curve[1].

The relation between the formation of dehydroisoandrosterone acetate (in percentage of total dehydroisoandrosterone acetate formed) and reaction time (in hours) is shown graphically in the Figure.

Iodometric determinations of chromic acid showed that the chromic acid consumption started at once and that, in the early stages of the reaction at least, the chromic acid was consumed approximately as fast as it was added; towards the end of the reaction the consumption decreased. From the Figure it is evident that, although the chromic acid was readily consumed in the beginning, the formation of dehydroisoandrosterone acetate began later, then proceeding rapidly and diminishing only when the starting material was used up. In the initial period such small amounts of acids were formed that they could not account for the chromic acid consumption. These facts suggest that dehydroisoandrosterone acetate is formed by a secondary reaction, subsequent to other chromic-acid-consuming reactions, as was theoretically inferred[2].

Thanks are due to Messrs. Organon Ltd. for permission to publish this paper.

H. C. Beyerman

Pharmaco-therapeutic Laboratory of the Municipal University, Amsterdam, and Research Laboratory of Organon Ltd., Oss, Netherlands, January 9, 1949.

Résumé

La vitesse de formation de déhydroïsoandrostéroneacétate (I) provenant de cholestérol-acétatedibromide par l'oxydation avec de l'acide chromique est soumise a un examen. Les quantités produites de I sont déterminées à l'aide de la réaction colorimétrique de Zimmermann. Le rapport, entre les teneurs de I et la durée de la réaction, est reproduit graphiquement. Il s'en déduit l'existence d'une période d'induction qui s'explique par une réaction précédant la formation de I et produisant des matières intermédiaires. Cette conclusion est conforme à une hypothèse récente, basée sur d'autres considérations.

[1] A. Klett-Summerson photo-electric colorimeter with filter No. 54 was used; Klett Mfg. Co., New York; W. H. Summerson, J. Biol. Chem. *130*, 149 (1939).

[2] J. R. Billeter and K. Miescher, Helv. chim. acta *30*, 1414 (1947).

Expression allométrique de la précocité d'un légume-racine *(Daucus)*

Nous avons consacré un récent mémoire[1] à la définition des variétés de carottes potagères et fourragères. Ces essais de «typisation», préliminaires indispensables des opérations de sélection et d'hybridation, faisaient appel aux caractères de forme et de longueur de la racine. La diagnose d'un légume-racine comporte encore d'autres éléments. Parmi eux, le feuillage joue un rôle important. La présente note s'y rapporte et précise les proportions existant entre les appareils aérien et souterrain.

L'importance du feuillage diffère beaucoup d'une variété de carotte à l'autre et détermine certains modes de culture: plein-champ, maraîcher, etc. Les praticiens sélectionnent enfin, pour la culture hâtive sous châssis, des types à feuillage réduit. Un reclassement de ces notions familières aux cultivateurs est indispensable aux recherches génétiques. Etablissons donc l'indice de feuillage, I_f, soit le rapport du poids des feuilles au poids de la plante. On pèse à cet effet 100 plantes fraîchement déracinées; le feuillage est aussitôt coupé au ras du collet, puis pesé. Cette mesure est effectuée au moment de l'arrachage, c.-à-d. quand les racines sont mûres et n'augmentent pour ainsi dire plus de poids. Il s'agit donc d'un moment facilement déterminable de la période végétative. L'aspect évolutif du problème sera considéré plus loin. Voici les résultats obtenus en 1946 avec diverses variétés cultivées dans des conditions comparables (voir colonne 1 du tableau):

Variétés	I_f	e	I_p
Amsterdam	0,12	7,3	—
Vertou	0,12	7,3	—
Nantaise	0,14	6,1	74
des Halles	0,15	5,7	63
Nantaise-Touchon	0,15	5,7	70
Grelot	0,19	4,3	—
Berlicum	0,21	3,8	—
Duwicker	0,22	3,5	85
Chantenay	0,22	3,5	—
de Meaux	0,25	3,0	—
Parisienne	0,27	2,7	71
Jaune du Doubs	0,28	2,6	—
Guérande	0,29	2,4	80
Flackker	0,32	2,1	—
St-Valéry	0,35	1,8	90
Blanche à collet vert	0,40	1,5	—

I_f indice feuillage, e quotient d'économie
I_p indice de précocité, fixé par l'âge en jours atteint au point d'inversion (voir le texte)

La gamme est continue des feuillages les plus légers, auxquels ne sont pas nécessairement liées les racines les plus courtes, jusqu'aux feuillages les plus lourds. Ces valeurs s'ajoutent aux autres caractéristiques raciales. Si les plantes soumises aux mesures sont des génotypes faiblement hétérozygotiques, les indices obtenus resteront significatifs pour chaque lignée dans des conditions d'autogamie.

Il faut s'attendre d'autre part, à ce que ces valeurs soient déformées pour un même lot de graines semées plusieurs années de suite ou développées dans des conditions culturales différentes au cours d'une même saison. Ces aberrations, dont la phénogénétique rend compte, seront à leur tour mesurées.

Quotient d'économie: e. — Chez la carotte, le feuillage n'a d'intérêt qu'en fonction des racines. Le rapport $R/F = \frac{\textit{poids de la racine}}{\textit{poids du feuillage}} = e$, exprimera dorénavant le poids de racine produite par un kilogramme de feuillage. Cette valeur mesure la puissance constructrice de l'unité

[1] F. Chodat et Fr. Gagnebin, Arch. Jul.-Klaus-Stiftung, *23* (1948).

de tissu assimilateur de CO_2, donc, dans une certaine mesure, la faculté d'économie (e) de la variété. A cet égard, ce quotient fournit une indication sur le degré atteint par la sélection. Il ne renseigne pas, à vrai dire, sur la qualité potagère ou fourragère de la racine. Pour être agronomiquement significative, cette valeur devrait encore tenir compte de la qualité nutritive de la variété. Le moment choisi pour fixer cette estimation est celui de la récolte. Nous venons de faire allusion à cette convention et allons y revenir. La colonne 2 du tableau réunit les valeurs e établies en 1946.

La valeur de e contribue à la définition de la variété. Les écarts que ces quotients pourront présenter, d'année en année pour un même cultigène, seront utiles pour apprécier l'influence du climat sur une lignée. Toutefois, une marge d'incertitude s'inscrit: les réponses au climat de génotypes distincts ne sont pas égales!

Le quotient e intéresse encore le physiologiste préoccupé de connaître les conditions propres à l'accumulation du carbone dans les tissus. Turner[1] a montré, en utilisant les méthodes de Blakmann, que chez la carotte, le rapport I/N (respirations intramoléculaire sur respiration normale), est supérieur à l'unité. Nous sommes loin de la valeur 0,33 fixée par la théorie de Pfeffer et d'ailleurs rarement rencontrée dans les mesures. Ce dépassement s'explique en faisant appel au phénomène de resynthèse, dit de *Pasteur-Meyerhof*. Dans ces conditions, la présence d'oxygène tend à conserver les métabolites respirables. La sélection que dénotent les valeurs e, a donc porté sur un caractère insoupçonné, la faculté respiratoire de recondensation, dont seules les répercussions morphologiques ont été retenues. D'où il appert, une fois de plus, que le biologiste commente souvent des conséquences au lieu d'invoquer des causes.

Indice de précocité: I_p. — Le rapport R/F peut être établi à d'autres époques que celle de l'arrière-saison. Nous l'avons calculé pour une série de variétés de 10 jours en 10 jours à partir du soixantième jour de culture. A cet effet, on déracine prématurément des lots de carottes. Quand la plante est jeune, e a une valeur inférieure à l'unité; puis arrive le temps où $e = 1$. Ce moment, caractérisé par l'égalité des poids des parties aérienne et sous-terraine, constitue un repère dans l'histoire de l'individu et peut servir d'indice de précocité raciale. Il est convenu, pour l'agronome, que cette dernière a trait à la vitesse de formation des racines. Pour fixer expérimentalment ce point d'inversion, il faut procéder par tâtonnements et sacrifier une partie importante des cultures. La méthode s'allège en tirant l'indication d'un calcul fondé sur un minimum de pesées. L'expression allométrique de la croissance offre la solution cherchée et révèle en plus, diverses particularités du développement des légumes-racines.

C'est au zoologiste Huxley[2], qu'on doit le développement des études de la croissance relative ou croissance des organes comparée à celle de l'organisme tout entier. En biochimie végétale,, Chodat et Monnier[3] montraient déjà en 1906, «que l'augmentation en poids pour chacune des substances absorbées suit une loi analogue, mais que chaque réaction a son coefficient particulier». Toutefois, pour construire une cinétique de la nutrition qui ne soit point équivoque, il fallait encore un procédé analytique et des formules traduisant les diverses formes de croissance. Teissier[1] nous les a fournis dans ses études classiques de l'incorporation harmonique ou dysharmonique des constituants chimiques de *Tenebrio molitor*.

Portons sur l'axe des x d'un système de coordonnées rectangulaires, les valeurs logarithmiques des poids de la plante entière et sur l'axe des y les valeurs logarithmiques des poids du feuillage (pesées faites tous les 10 jours). L'intersection de l'abscisse et de l'ordonnée synchrones fournit un point; l'ensemble des points obtenus pour des âges croissants, dessine un segment rectiligne. La précision de cette figure dépend du nombre des plantes soumises à la pesée. Dans ces conditions, la droite représente la croissance du feuillage rapportée à celle de la plante entière. On ajoute au même graphique, par le même procédé, la droite correspondant au développement de la racine. Deux pesées (plante, feuillage, racine) faites à deux moments convenablement choisis, suffisent en principe pour établir un diagramme de croissance révélateur des particularités suivantes:

Quand la droite obtenue est inclinée à 45° sur l'axe des x, celà signifie que l'accroissement relatif de l'organe étudié est égal à l'accroissement relatif de la plante tout entière: les croissances sont alors harmoniques. Si l'angle est différent de 45°, la croissance est dysharmonique. Au-dessus de 45°, la dysharmonie est positive; l'organe a un accroissement relatif supérieur à celui de l'individu. Au-dessous de 45°, dysharmonie négative, c'est l'inverse. Appliqué au cas des carottes, le procédé allométrique nous apprend que chez les diverses variétés étudiées, la racine a un accroissement relatif supérieur à celui de la plante et le feuillage un accroissement relatif inférieur. La direction horizontale du segment exprime l'arrêt de croissance. L'intersection de la droite racine et de la droite feuille, correspond à l'époque où ces deux appareils ont le même poids. Ce dernier peut être lu directement sur le graphique, alors que la détermination de la date d'«inversion» s'obtient à l'aide d'une figure annexe, établie comme suit: inscrire en points équidistants sur l'abscisse, le nombre de jours écoulés entre la date de la pesée qui précède l'intersection et la date de la pesée qui suit cet événement. Porter en ordonnées les valeurs logarithmiques des poids de la racine et du feuillage, atteints à ces deux époques; tracer les droites racine et feuillage et lire sur l'abscisse le jour correspondant à leur intersection.

La figure donne, à titre d'exemple, les diagrammes de trois variétés: des Halles, précoce, Nantaise-Touchon, intermédiaire et St-Valéry, tardive. Chez certaines variétés, des Halles, Nantaise, Nantaise-Touchon, Parisienne, Guérande, la date d'«inversion» se place avant celle de l'arrêt de croissance du feuillage; chez d'autres, Duwicker, St-Valéry, cette date se place après. Il faut rappeler que des périodes d'égale durée ne sont pas figurées par des segments d'égale longueur sur ces graphiques, en raison même de leur construction!

Les expériences relatées ici, ramènent l'attention sur un fait biologique essentiel: la nature *polyrythmique* de l'être vivant. L'individu est une mosaïque de territoires distincts non seulement par leurs formes et leurs structures, mais encore par des vitesses et des durées de croissance propres à chacun d'entre eux. Ces croissances conjuguées, qui se précèdent, coexistent, se succèdent et interfèrent les unes avec les autres, constituent le dé-

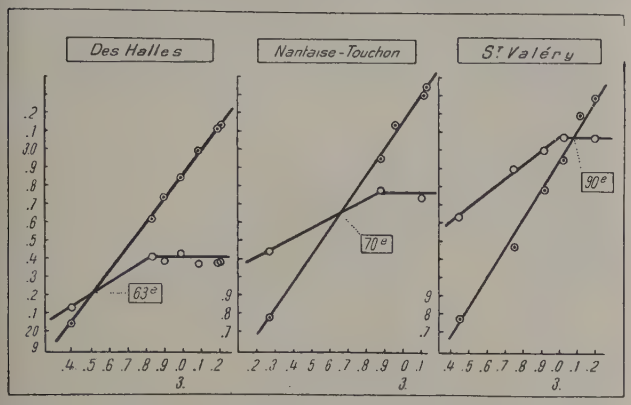
[1] J. S. Turner, New Phyt. *36*, 142 (1937).

[2] Julian Huxley, cité par G. Teissier.

[3] A. Monnier, *Les matières minérales et la loi d'accroissement des végétaux.* (Publ. de l'Inst. de Bot. de l'Univ. de Genève, 7e série, 3e fasc., 1905). – R. Chodat, *Principes de botanique* (Georg, éd., Genève 1907).

[1] G. Teissier, Ann. de la Soc. Roy. des Sci. méd. et nat., janvier–avril, Bruxelles (1933).

veloppement de l'individu. Le problème de l'organisation s'impose à nouveau: si nous admettons une économie centralisatrice pour l'élaboration des aliments et une économie fédérée pour le développement des organes, par quelles lois s'effectue la distribution de la nourriture nécessaire à la construction de chaque partie du végétal?



Abscisse: logarithmes des poids de la plante mesuré a u 60e, 70e, 80e, 90e, 100e, 110e 120e, jour de culture. *Ordonnée:* logarithmes des poids du feuillage (cercle blanc) et de la racine (cercle muni d'un point noir), mesurés de 10 jours en 10 jours du 60e au 120e jour de culture. Le nombre encadré correspond à l'âge (en jours) où le poids de la racine égale celui du feuillage.

Les conclusions de cette étude concernent l'agronomie (1° à 4°) et la botanique (5° à 8°):

1° Un effort est fait pour transcrire en termes scientifiques les appréciations de précocité formulées par le cultivateur. Un indice est proposé.

2° Ce progrès autorise un classement meilleur des cultigènes selon un barème précis.

3° Les caractéristiques acquises complètent la définition variétale, objet partiel de nos recherches.

4° Le principe d'analyse phénologique, préconisé pour les carottes, est applicable à d'autres légumes-racines, les betteraves en particulier.

5° La racine des cultigènes de *Daucus* manifeste une dysharmonie positive de croissance, le feuillage une dysharmonie négative.

6° L'arrêt de croissance des feuilles est antérieur, chez certaines variétés, à celui de la racine à la fin de la première année de développement.

7° La durée du fonctionnement des feuilles dépasse celle de leur croissance.

8° Des indications sont fournies sur l'efficacité comparée de l'appareil assimilateur du carbone chez diverses variétés de carottes.

F. Chodat[1]

Station de botanique expérimentale de l'Université de Genève, le 6 mars 1949.

Summary

Physiological indices are proposed in order to complete the morphological diagnosis of cultivated carrots. The progress of selection needs such improved varietal typization. The economical quotient or weight of root produced by 1 kg of leaves expresses the economic ability of the variety. The relative growth of foliage and root (allometry) is used to fix the precocity index and to represent the specific development of various cultigens.

[1] Avec la collaboration de François Gagnebin pour la partie expérimentale.

Il teste di Macht per il dosaggio dell'attività fitodinamica

Il teste di Macht è basato sull'allungamento dell'asse ipocotiledonare del lupino bianco (*Lupinus albus*), se fatto sviluppare in una soluzione nutritizia minerale contenente, disciolta, la sostanza da saggiare, di fronte a testimoni crescenti nel liquido nutritizio senza tale sostanza. Se non si manifesta nessuna differenza tra i trattati e i testimoni, la sostanza è indifferente; se si ha un maggior allungamento di fronte a testimoni, la sostanza è «fitoeccitatrice»; se minore, «fitoinibitoria».

Preceduto da Benedicenti e de Toni[1], Macht escogitò il «teste lupino» nel tentativo di dar corpo ad una farmacodinamia comparata, e, assieme anche a dei collaboratori, lo applicò a varie sostanze farmacodinamiche[2].

Dopo un tentativo di precisazione delle condizioni di esecuzione del teste (Regner e Joriot), fu applicato a ricerche diverse da studiosi italiani[3]; uno di noi[4] indagò le esatte condizioni di esecuzione del teste, in base a ricerche sul dosaggio comparativo di estratti fluidi, alcaloidi e differenti sostanze ad alto potere farmacodinamico sugli animali e sulle piante (inedito).

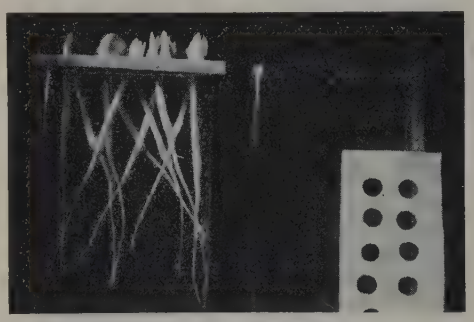


Fig. 1. – Le vaschette e la piastra forata usata per il saggio di Macht.

Le modalità di esecuzione del teste di Macht, quale impiegato da noi, sono le seguenti. Si scelgono dei semi di lupino bianco di recente raccolto (alta germinabilità), di dimensioni e pesi individuali quanto più possibile uniformi; le migliori condizioni di lavoro si realizzano lavorando su lotti di semi da piante geneticamente omogenee. I semi vengono tenuti a rigonfiare in acqua di fonte per circa 15 ore alla temperatura approssimativa di 23° C.

Detti semi, in numero almeno triplo del necessario, si pongono a germinare in sabbia silicea previamente lavata, e mantenuta costantemente molto umida, avendo la vertenza di seminarli «di taglio», con l'ilo in basso. Le terrine con i semi sono poste in termostato al buio a 23° C.

[1] A. Benedicenti e G. B. de Toni, G. R. Accad. Med. Torino *7* (*64*), fasc. 2 (1901).

[2] D. I. Macht e M. B. Livingstone, J. Gen. Physiol. *4*, 573 (1922). – D. I. Macht, Proc. Nat. Acad. Sci. *15*, 63 (1929). – D. I. Macht e E. M. Davies, Ann. J. Bot. *22*, 329 (1935). – D. I. Macht, Med. Rec. U.S.A. *159*, 164 (1946).

[3] L. Vandelli e P. Zanboni, Atti Soc. Nat. Mat., Modena *73*, 142 (1943). – F. M. Chiancone, Boll. Soc. ital. Biol. Sper. *31*, 19 (1946). – E. Ginoulhiac, Il Farmaco *1*, 75 (1946). – F. Bertossi e R. Ciferri, Atti. Ist. Bot. Univ. Pavia Lab. Critt., V/*3*, 291 (1947).

[4] R. Ciferri, Boll. Soc. ital. Biol. Sper. *21*, 248. (Bozze di stampa – Milano, 12. 7. 44.) (1946).

Al terzo giorno si scelgono i germinelli il cui asse ipocotile ha raggiunto la lunghezza di 35 a 40 mm. Tali germinelli si pongono individualmente sull'orlo di altrettante provette, di calibro tale che il seme non vi penetri, oppure si posano in corrispondenza di fori praticati in lastrine di alluminio esternamente paraffinato, che possono sovrapporsi e poggiare ai bordi di apposite vaschette di vetro (Fig. 1). (Nelle nostre prove impieghiamo delle vaschette di vetro a parallelepipedo, alte cm 17,5, e della sezione di 10,2 × 4,5 cm. Ogni lastrina di alluminio ha 10 fori e quindi ogni vaschetta è

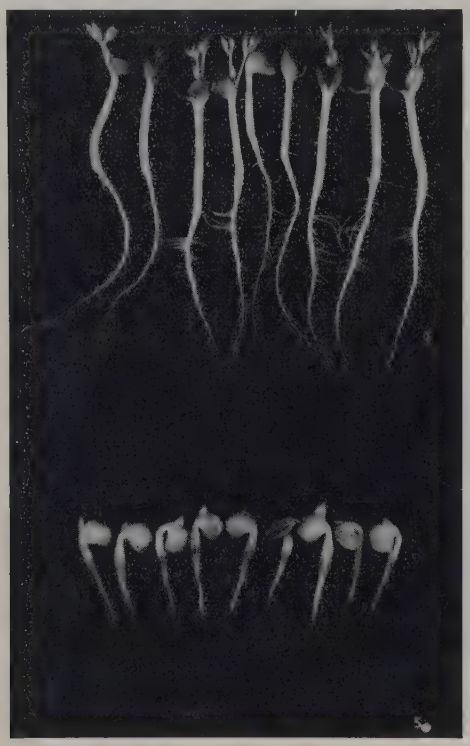


Fig. 2. – Lupini di controllo (sopra) e lupini trattati con una soluzione di esaclorocicloesano tecnico del commercio (sotto).

adattata a 10 germinelli.) Le provette o le vaschette vengono riempite con la soluzione nutritizia di Shive[1] così formata: 5,2 cm³ di soluzione 0,5/*M* di nitrato di calcio; 15 cm³ di una soluzione 0,5/*M* di solfato di magnesio; 18 cm³ di una soluzione 0,5/*M* di fosfato monopotassico (biacido), portando il volume a un litro con acqua distillata.

Un certo numero di germinelli viene posto nella soluzione nutritizia senza ulteriori aggiunte, funzionando da testimone, e una parte nella soluzione nutritizia contenente disciolti, nella percentuale desiderata, i composti di cui si desidera saggiare l'attività fitodinamica.

È necessario usare non meno di 20 germinelli per controllo e 20 per ogni sostanza e ognuna delle diluizioni da saggiare; meglio ancora, ripetere più volte in tempi diversi le prove, e lavorare sulle medie. Ogni giorno, allo scadere delle 24 ore, cominciando dall'inizio delle esperienze, si misurano con la precisione di ± 1 mm gli ipocotili estraendo momentaneamente i germinelli dai recipienti che li contengono. Tali misurazioni si effettuano durante 4 o 5 giorni consecutivi. I germinelli vengono mantenuti costantemente in termostato a 23° C e in oscurità.

Per ogni sostanza o diluizione saggiata e per il testimonio si determina la lunghezza media iniziale, e la lunghezza media raggiunta di 24 in 24 ore. Il rapporto tra le lunghezze successive (fatto = 100 la lunghezza iniziale) è l'*indice di allungamento* (I.A.), e il rapporto percentuale tra l'indice di allungamento giornaliero dei germinelli della esperienza e quello dei testimoni costituisce l'*indice fitotossico* (I.F.).

I risultati debbono essere elaborati secondo uno dei metodi statistici oggi in uso se del caso ricorrendo all'analisi della varianza.

Generalmente, il potere fitodinamico di un composto, si saggia su diluizioni diverse di detto composto, in maniera che si possano disegnare delle «rette di azione» in funzione del log. della concentrazione e del log. dell'indice fitotossico. È preferibile che le varie diluizioni stiano tra di loro in un rapporto costante; uno di noi[1] ha preparato delle tabelle per la preparazione di serie di diluizioni in progressione geometrica a ragione $1:10^{\frac{1}{n}}$.

A continuazione, diamo un esempio tratto dalle misurazioni concernenti il potere fitoinibitorio di un esaclorocicloesano tecnico del commercio (cfr. F. Bertossi e Ciferri, 1947):

Testimonio ipocotile cm	4,00	5,78	8,18	10,61	12,99
I. $A._1$	100	144	204	265	324
Esaclorocicloesano cm	4,00	4,86	5,59	6,07	6,40
I. $A._2$	100	121	139	151	160
$\frac{\text{I. A.}_2}{\text{I. A.}_1}$ 100 = I. F.	100	84	68	57	49

e un esempio del potere fitoeccitatore dell'acido difenililacetico (cfr. Bertossi e Ciferri[2]):

Testimonio I. $A._1$	147	223	304	351
Ac. difenililacetico (0,17 p.p.m.) I. $A._2$	165	262	333	372
$\frac{\text{I. A.}_2}{\text{I. A.}_1}$ = I. F.	112	117	109	106

R. Ciferri e F. Bertossi

Istituto Botanico e Laboratorio Crittogamico, Università di Pavia, 25 marzo 1949.

Summary

The applications of Macht's test, slightly modified, for the quantitative study of the phytodynamic activity of chemical compounds has been proposed. It is based on measuring the elongation of hypocotyledons of white lupine seedlings, grown in Shive's nutritive solution. The conditions of reliability of the method are established, and examples based on the phyto-inhibitory power of technical hexachlorocyclohexane and the phyto-exciting power of diphenylil acetic acid are given.

[1] J. W. Shive, Phys. Res. *1*, 327 (1915).

[1] F. Bertossi, Atti Ist. Bot. Univ. Pavia Lab. Critt., V/*3*, 227 (1947).

[2] F. Bertossi e R. Ciferri, Exper. *4*, 28 (1948).

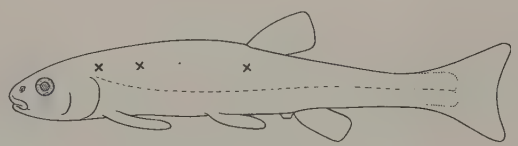
«Spontane» Aktivität des Rückenmarks bei der Elritze

Im Zuge einer systematischen Untersuchung des Assoziationsvermögens bei der Elritze (*Phoxinus laevis*) wurde versucht, festzustellen, ob sich etwa auch am Rückenmarkstier bedingte Reflexe ausbilden lassen. Zu diesem Zweck war bei einer Anzahl blinder Elritzen das Rückenmark dicht hinter dem Kopf durchtrennt worden (Urethannarkose, Binokularlupe, Freilegung des Rückenmarks durch Längsschnitt in der seitlichen Nackenmuskulatur und Entfernung über 1–2 Wirbellängen in Höhe des 6. bis 7. Wirbels). Durch das Operationsloch wurde ein Glashäkchen gesteckt und daran das Tier frei im Wasser aufgehängt. Derart behandelte Elritzen bleiben mit und ohne Fütterung viele Monate lang am Leben. Bei den Dressurversuchen machte sich aber bald eine merkwürdige Erscheinung störend bemerkbar, worüber im folgenden kurz berichtet sei.

Während der gelähmte Rumpfabschnitt der aufgehängten Fische zunächst vollkommen unbeweglich blieb, begannen etwa 8–10 Tage nach der Operation leichte «spontane» Bewegungen an diesem Hinterstück aufzutreten, auch wenn überhaupt nicht gereizt worden war (die Aquarien waren möglichst erschütterungsfrei aufgestellt). Es ließen sich zunächst gelegentlich Zuckungen einzelner Flossen oder Flossenteile beobachten, manchmal auch einige rhythmische Zuckungen mehrerer Flossen gleichzeitig (z. B. Rücken- und Afterflosse). Oder es erfolgten zuerst bloß leichte Schläge oder Krümmungen des Schwanzabschnittes nach oben, unten oder seitlich. Im Laufe einiger Tage bis Wochen wurden die Bewegungen in der Regel umfangreicher und heftiger und sie traten häufiger auf, bis schließlich viele Fische durch ruckweise einsetzende, schnelle Schlängelbewegungen des ganzen Rumpfes horizontal kreisend durchs Wasser getrieben wurden. Perioden anhaltender Bewegung (bis zu einer Minute) wechselten in unregelmäßiger Folge ab mit Ruheperioden (von einigen Sekunden bis mehreren Minuten Dauer). In einem späteren Stadium nahm die Beweglichkeit wieder etwas ab und es wurden die Ruheperioden meist länger (bis zu mehreren Tagen). Im einzelnen zeigten sich sowohl beim Zustandekommen der Bewegungen als im Grade der Beweglichkeit erhebliche individuelle Unterschiede (die Beobachtungen beziehen sich auf 76 Versuchstiere).

Beim geschilderten «Rückenmarkschwimmen» wurde der Kopfteil passiv vorangetrieben. An ruhig hängenden Fischen, besonders wenn ihre Brustflossen noch unversehrt mit dem Kopfteil in Verbindung standen[1], konnte häufig beobachtet werden, wie das Vordertier durch die im Hintertier einsetzenden Bewegungen *sekundär* erregt wurde. In manchen Fällen schien es, als sei auch das Umgekehrte möglich, d. h. als verursache die Erregung des Kopfteils («Aufregung») sekundär Bewegungen am gelähmten Rumpfabschnitt, und zwar mit einer Latenz von einigen Sekunden bis einer Minute. Diese Erscheinung ließ sich aber nicht regelmäßig und überhaupt nur selten beobachten. Von einer Regeneration des Rückenmarks kann dabei jedenfalls keine Rede gewesen sein, denn auch 7 Monate nach der Operation reagierten Vorder- und Hintertier einer Elritze bei Reizung verschiedener Art noch völlig unabhängig. Die Schnittflächen des Rückenmarks runden sich allmählich ab und wachsen gleichsam zu; proximaler und distaler Stumpf bleiben durch eine klare, weite Lücke getrennt.

Es fragt sich, wie man die «spontanen» Bewegungen zu deuten hat. Aus dem Verhalten der Tiere bekommt man entschieden den Eindruck, es handle sich um einen Fall zentraler Automatie (im Sinne von v. Holst). Es scheint, als ob sich der Aktivitätszustand des Rückenmarks nach der Operation allmählich steigert, bis die Erregung schließlich «überkocht», d. h. sich in allerhand variablen Bewegungen Luft macht. Das Auftreten «spontaner» Bewegungen wurde gelegentlich auch an anderen spinalen Knochenfischen beobachtet, nämlich am Aal (*Anguilla vulgaris*)[1] und an *Conger vulgaris*[2], bezeichnenderweise in beiden Fällen ebenfalls erst längere Zeit (Wochen oder Monate) nach der Rückenmarksdurchtrennung. Bei Haifischen dagegen treten «spontane» rhythmische Lokomotionsbewegungen fast unmittelbar nach der Operation auf; für ihr Zustandekommen ist Erregungszufuhr durch eine gewisse Mindestzahl sensibler Spinalnervenwurzeln erforderlich[3]. Ob und inwiefern afferente Erregungen (etwa von der Haut oder von Propriorezeptoren) auch bei der Aus-



× = Lage der Schnittstellen bei der Rückenmarksdurchtrennung.

lösung der Elritzenbewegungen mitspielen, müssen im Gang befindliche Versuche lehren. Durch einmalige Außenreize kann man einerseits längere Bewegungsfolgen auslösen (Pinselberührung), andererseits die «spontanen» Bewegungen auf viele Tage hin zum Stillstand bringen (kurzes Eintauchen des Rumpfes in $KMnO_4$-Lösung; ursprünglich gegen Hautpilz angewandt).

Es fragt sich weiterhin, weshalb die Bewegungen erst so lange nach der Rückenmarksdurchtrennung in Erscheinung treten. Daß hier ausschließlich eine Schockwirkung vorliegt, ist wenig wahrscheinlich. Eröffnung und Revision der Operationsstelle im Stadium maximaler Beweglichkeit bewirkt an sich nur eine ganz kurze Unterbrechung der «spontanen» Bewegungen (½–1 Tag); auch wenn dabei ein Stückchen vom distalen Rückenmarksstumpf entfernt wird, treten bald (nach 1 Tag) wieder Bewegungen auf; sie erreichen aber — wenn überhaupt — erst nach einigen Tagen wieder die frühere Vehemenz.

Wichtig ist schließlich die Lage der Schnittstelle. Liegt sie weiter rückwärts, z. B. in Höhe des Vorderrandes der Rückenflosse[4], so beginnen die «spontanen» Bewegungen des Schwanzes nach etwa 8 Tagen — genau wie bei Durchschneidung neben dem 6. bis 7. Wirbel. Durchtrennt man das Rückenmark dagegen weiter vorne, etwa neben dem 1. Wirbel[5], so beginnen die Bewegungen schon nach 2–3 Tagen. Es sei in diesem Zusammenhang erwähnt, daß v. Holst bei Durchschneidung der *medulla oblongata* in ihrer vorderen Region seine automatisch-rhythmischen Flossenbewegungen

[1] Spreizen der Brustflossen war das erste und empfindlichste Erregungszeichen des Vordertiers. In den meisten Fällen wurden die Brustflossen amputiert, um zu verhindern, daß sie den gelähmten Rumpfteil durch Berührung reizten.

[1] E. v. Holst, Z. vergl. Physiol. *21*, 658 (1935).

[2] J. Gray und A. Sand, J. Exp. Biol. *13*, 200 (1936).

[3] H. W. Lissmann, J. Exp. Biol. *23*, 162 (1947).

[4] Bei diesen Tieren war das Rückenmark gleichzeitig nochmals weiter vorne durchtrennt worden, um allzu große Beweglichkeit des Vordertiers zu vermeiden.

[5] Der *Stapes* (das vorderste der Weberschen Knöchelchen) wird dazu entfernt.

bereits nach 20 Minuten bis mehreren Stunden auftreten sah[1]. Durchschneidet man schließlich das Rükkenmark in der oben angedeuteten Weise in Höhe der Rückenflosse bei einer *zuvor* vorne (6. bis 7. Wirbel) operierten Elritze, deren Hinterstück also bereits beweglich war, dann pflegen die Bewegungen am Schwanzende schon 1–2 Tage nach dem Eingriff wieder einzusetzen. Die Änderung des Aktivitätszustandes nach Durchschneidung des Rückenmarks wirkt sich offenbar in allen seinen Teilen gleichmäßig aus.

S. Dijkgraaf

Institut für vergleichende Physiologie der Universität Utrecht, den 22. Mai 1949.

Summary

Blinded spinal minnows (*Phoxinus laevis*), fixed free from contact, show without any stimulation "spontaneous" body and fin movements. The first slight movements begin 8–10 days after transection of the spinal cord, when the cut is made at the level of the 6th or 7th vertebra or posterior to that region. When it is made near the first vertebra the movements begin within 2–3 days. In the following days or weeks their intensity grows, in most cases until the fishes exhibit quick swimming movements. Periods of swimming (up to 1 minute) alternate irregularly with periods of absolute rest. The origin of the movements is discussed. When the spinal cord is transected at the level of the dorsal fin in a (spinal) minnow that has been operated previously in the anterior region and already shows "spontaneous" swimming, tail movements reappear after 1–2 days. The changes taking place in the spinal cord after transection seem to affect all its parts equally.

[1] E. v. Holst, Ergebn. Physiol. *42*, 228 (1939).

Terminaisons nerveuses sensitives dans l'épinèvre des nerfs cardiaques chez le Chat nouveau-né[1]

Aucune terminaison nerveuse sensitive n'est dénuée d'intérêt dans le cœur des Mammifères, car elle peut devenir normalement ou durant des états pathologiques, l'origine de réflexes modifiant l'activité de l'organe.

D'une façon générale les nervi nervorum sont très mal connus et peu étudiés. Ils auraient été signalés d'abord par Bourgery et Hirschfeld[2] en 1847, mais Sappey[3] revendique leur découverte. D'après lui ils suivraient les principales artères de la gaine conjonctive des grands nerfs et formeraient à ce niveau un véritable plexus à mailles allongées. Ces nervi nervorum composés de fibres à myéline pénètrent aussi dans les cloisons qui s'enfoncent entre les faisceaux du nerf. Sappey n'a pas décrit leurs terminaisons. Dans le tome III de l'*Anatomie* de Poirier se trouve un court résumé d'un travail de Pruss[4], paru dans le tome IV des «Archives slaves de Biologie»; cet auteur aurait observé des fibres en réseau dans le névrilemme et les auraient suivies dans l'endonèvre, où elles se termineraient par de petits boutons. Stöhr[5] signale seulement en une phrase, la présence de fines fibrilles dans les gaines conjonctives des nerfs.

On suppose généralement que les nervi nervorum sont des fibres vasomotrices appartenant au système nerveux autonome; pourtant Hovelacque[1] en 1927 a observé dans le névrilemme des fibres myélinisées, vraisemblablement sensitives.

Dans le *Traité d'anatomie humaine* de Testut[2], A. Latarjet a noté que «à côté de ces nerfs vasomoteurs, il existe autour du périnèvre, des nerfs sensitifs qui semblent se continuer dans l'endonèvre lui-même, sans faire allusion à leurs terminaisons.

En 1939, Nonidez[3] a vu des terminaisons de fibres épaisses dans l'épinèvre de nerfs cardiaques. Ces terminaisons sont généralement aplaties, assez étendues en surface; parfois à ces extrémités on voit des anneaux; aucune figure n'accompagne ce texte. Peu après, en 1941 Peter[4] a pu observer des terminaisons nerveuses vraisemblablement sensitives dans l'épinèvre du nerf facial chez le Rat, dans son trajet intracranien. Ces terminaisons sont peu nombreuses et sans localisation précise; presque toutes possèdent la forme d'un anneau, ou bien très petit, ou bien lorsqu'il est plus volumineux, entourant un fin treillage de fibrilles très fines.

Les fibres de nature probablement sensitive qui donnent naissance à ces formations ne sont pas seules à s'arrêter dans l'épinèvre; ça et là des fibres plus volumineuses, ressemblant aux voies parasympathiques du nerf facial, pénètrent dans cette couche conjonctive, diminuant brusquement de calibre pour aboutir à de petits boutons; ces formations sont peut-être de nature trophique.

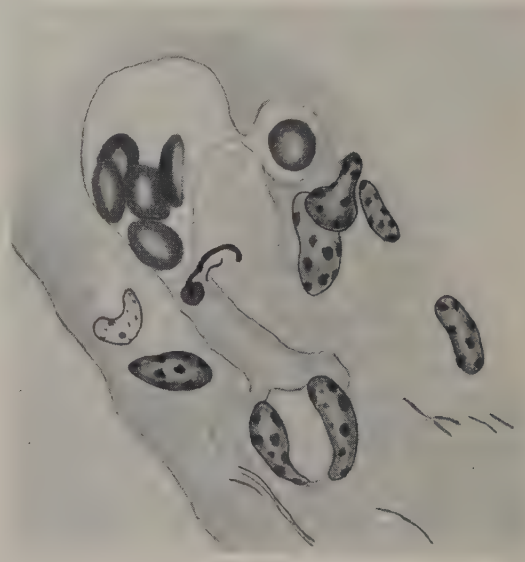


Fig. 1.

J'ai examiné un cœur de Chat nouveau-né fixé avec le liquide S. W. 24 et imprégné à l'argent réduit selon la méthode de A. Weber[5], puis sectionné en coupes sériées de 10 μ d'épaisseur.

Dans l'épinèvre de gros nerfs du cœur situés entre l'aorte et l'artère pulmonaire, j'ai vu des terminaisons nerveuses montrant des aspects variés. Elles sont colorées en noir par le dépôt d'argent. Leur calibre varie beaucoup en grosseur. Elles sont situées soit dans les espaces intercellulaires ou bien appliquées sur des cellules conjonctives de la couche fibreuse superficielle du nerf.

La fig. 1[6] montre une grosse fibre très noire se terminant par un bouton volumineux au voisinage d'un capillaire. Le diamètre de cette fibre est comparable à celui des fibres sensitives dans les autres parties du

[1] Subventionné par le Fonds d'étude Roche à Bâle.

[2] J.-B.M. Bourgery et L. Hirschfeld, cités par P. Poirier et A. Charpy, *Traité d'anatomie humaine* III, 757 (1899).

[3] P. C. Sappey, *Traité d'anatomie descriptive* III p. 229 (1889).

[4] V. Pruss, Arch. slaves Biol., IV (1888).

[5] Ph. Stöhr, dans: *Handbuch der mikr. Anatomie des Menschen* de W. v. Möllendorff, IV (1928), p. 143.

[1] A. Hovelacque, *Anatomie des nerfs*, p. 40 (1928).

[2] L. Testut, *Traité d'anatomie humaine*, revu par A. Latarjet, III, p. 53 (1930).

[3] J. F. Nonidez, Amer. J. Anat. *65*, 361 (1939).

[4] K. Peter, C. r. Soc. Phys. et d'Hist. nat., Genève *59*, 181 (1941).

[5] A. Weber, Bull. Histol. appliquée et de Technique microscopique *24*, 49 (1947).

[6] Le grossissement des trois figures dessinées à la chambre claire est de 1900.

cœur. Le bouton a un diamètre presque double de celui de sa fibre. Il est à peu près sphérique et un peu moins coloré que cette dernière.

On voit dans la fig. 2 une fibre un peu plus petite que la précédente. Elle se divise en deux branches: l'une se termine par un anneau; l'autre est coupée par le rasoir. Non loin de là, une fibre plus fine aboutit également à un petit anneau dans la profondeur de l'épinèvre.

Fig. 2.

La fig. 3 présente une fibre nerveuse noire et très fine, comparable à une fibre postganglionnaire parasympathique. Elle se termine par un appareil métaterminal de quelques petits grains à la surface d'une cellule du tissu conjonctif de l'épinèvre. La continuation de ces grains avec la fibre est très évidente et la limite de cette terminaison est très précise. Dans un travail ultérieur, j'exposerai les différences d'aspect que présentent les fibres nerveuses cardiaques suivant leur origine ou leur fonction. Dès à présent je puis dire que les fibres abou-

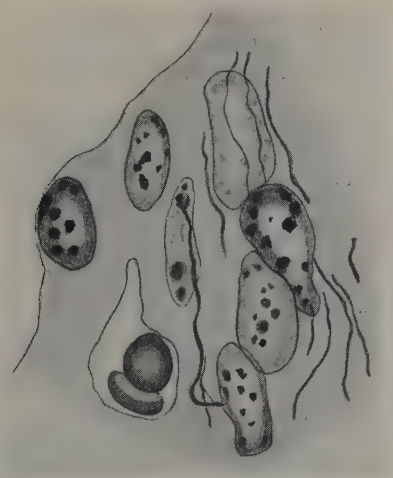


Fig. 3.

tissant à des terminaisons comme celles des fig. 1 et 2, ont l'aspect et la coloration de fibres sensitives. Il est donc vraisemblable qu'elles viennent des nerfs vagues, puisque ce sont eux qui fournissent les voies afférentes du cœur. En ce qui concerne la terminaison de la fig. 3, en raison de l'aspect différent de la fibre qui lui donne naissance, il est possible qu'il y ait là un appareil en rapport avec une fonction trophique.

J'ai vu aussi des fibres ténues accompagnant des fibres encore plus fines et colorées en jaune, dans l'épinèvre tout près d'un vaisseau. Il est bien possible que ce soient des fibres vasomotrices du système végétatif.

En résumé, dans l'épinèvre des gros nerfs du cœur chez le Chat nouveau-né, on trouve des fibres sensitives qui se terminent d'une manière différente soit par des boutons, soit par des anneaux, ou bien par un appareil métaterminal. Quelques-unes de ces fibres appartiennent peut-être au système nerveux autonome. Des fibres vaso-motrices ont été aussi trouvées dans l'épinèvre comme dans d'autres organes.

K. T. Tcheng

Laboratoire de neuro-histologie, Institut d'anatomie de l'Université de Genève, le 2 mai 1949.

Summary

The cardiac nerves which are composed of a mixture of sympathetic and parasympathetic motor fibres, also comprise sensorial fibres that belong exclusively to the parasympathetic system. A certain number of these afferent fibres ends in the epineurium of the nerves in different forms:— enlargements, terminal rings, or metaterminal apparatus of Weber.

Histological Changes Produced by Large Doses of Tetra-sodium 2-methyl-1:4-naphthohydroquinone Diphosphate in some Human Tumours

Clinical trials of large doses of tetra-sodium 2-methyl-1:4-naphthohydroquinone diphosphate, mainly in conjunction with palliative X-ray therapy in patients with various types of advanced malignant tumours have been in progress since November 1946. The results in 116 cases have been reported[1]. It has been found that the compound in large doses produces a small but useful improvement in the palliative results of X-ray therapy in some cases of advanced cancer, and a small increase in survival time in cases of inoperable carcinoma of the bronchus. The compound is already in use in medicine as a water-soluble synthetic vitamin-K substitute. It is of low toxicity, and has been administered by intramuscular and preferably intravenous injection. It is of interest that large intravenous doses produce almost immediate focal pain in the region of the tumour in some cases, especially where there is bone involvement. This focal pain appears to be due to temporary cell œdema.

This approach to the problem of attempting to improve the treatment of cancer by the combined use of radiotherapy and chemotherapeutic agents was based on the finding that therapeutic doses of ionizing radiations produce a disturbance of cellular nucleic acid metabolism including inhibition of synthesis of thymonucleic acid in proliferating cells[2].

It has been shown[3] that the compound produces mitotic inhibition in chick fibroblast cultures and in some human squamous cell carcinomata, and that in the tissue cultures, significant potentiation of the effects of X-radiation and the compound in inhibiting mitosis was found under suitable conditions.

[1] J. S. Mitchell, Brit. J. Cancer *2*, 351 (1948).

[2] J. S. Mitchell, Nature *146*, 272 (1940); Brit. J. Exp. Path. *23*, 285, 296, 309 (1942); Brit. J. Radiol. *16*, 339 (1943); 21st Ann. Rep. Brit. Emp. Cancer Campaign 62 (1944); Schweiz. med. Wschr. *76*, 883 (1946). – H. v. Euler and G. Hevesy, Kgl. Danske Vidensk. Selskab Biol. Medd. *17*, 8 (1942). – L. Ahlström, H. v. Euler. and G. Hevesy, K. Svensky Vetenskaps Akad. Ark. Kemi 19A. No. 9 (1944). – G. Hevesy, Rev. Mod. Physics *17*, 102 (1945). – R. E. Stowell, Cancer Res. *5*, 169 (1945). – B. E. Holmes, Brit. J. Radiol. *20*, 450 (1947). – J. O. Ely and M. H. Ross, Cancer Res. *8*, 285 (1948).

[3] J. S. Mitchell and I. Simon-Reuss, Nature *160*, 98 (1947).

The antimitotic action of quinones is well known[1]. The mutagenic effect of phenol in *Drosophila*[2] and chromosome fragmentation induced by phenols[3] is of interest. The parallelism between mitotic inhibition and interaction with –SH compounds *in vitro* has been studied[4]; it is unlikely that this is the only mechanism involved, but it is of interest in relation to the radiosensitivity of some –SH enzymes[5].

The purpose of this note is to present histological confirmation of the late effects of repeated large doses of the compound in some human tumours other than the squamous cell carcinomata previously exemplified[6].

Fig. 1 (*a* and *b*) show the histological findings in biopsy specimens from the case of a man aged 82 years, with an advanced carcinoma of the skin, originally of basal cell type, involving the right side of the nose with gross destruction of the tissues of the face, including bone. There were no secondary glands. This lesion had become radio-resistant and had recurred after much previous treatment over many years. The original treatment was by diathermy, and subsequent radium. Two courses of radical X-ray treatment had been given for recurrences, and further palliative X-ray treatment had been attempted without any response. Fig. 1*a* is

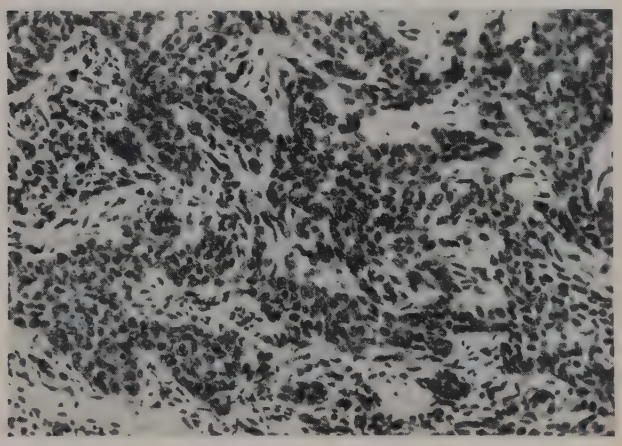


Fig. 1*a*

from the biopsy specimen before a final course of radical X-ray therapy combined with intramuscular injections of the compound. The second biopsy shown in Fig. 1*b* was taken three days after 4,500 r of X-radiation in 21 days, and immediately after the last of 26 daily intramuscular injections, each of 100 mg of the compound. The immediate clinical response of the lesion to the traatment was surprisingly good, but active though slowly progressive malignancy was still present after nine months. In the second biopsy, the field shown in Fig. 1*b*, was the only part of the section containing tumour cells, which it is interesting to note are of degenerating squamous cell type, with keratinization. The lesion apparently became radio-sensitive again with the combined use of the compound and X-radiation.

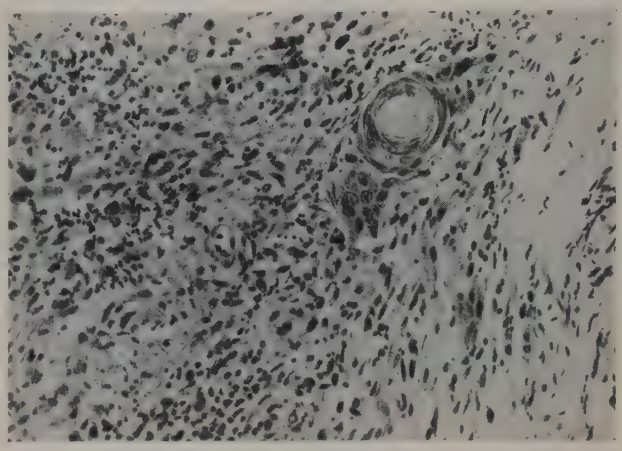


Fig. 1*b*

Fig. 2 shows the effects of the compound alone in the case of a man aged 52 years suffering from an adenocarcinoma of the transverse colon with secondary involvement of lymph nodes in the omentum, and also in the left supraclavicular area and posterior triangle. After failure of the cervical nodes to respond to palliative X-ray therapy, clinical retrogression of all the palpable nodes occurred after intravenous administration of large doses of the compound. Fig. 2 shows the widespread degenerative changes in the cells of the secondary adeno-carcinoma in an omental lymph node removed at laparotomy ten days after the completion of a

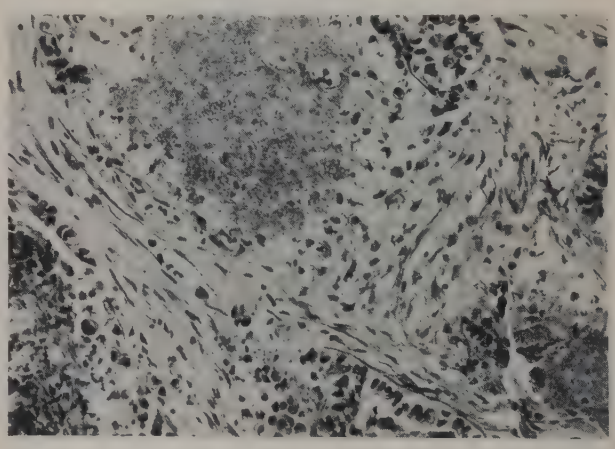


Fig. 2.

course of daily injections of the compound, during which a total dose of 8,140 mg was given in 31 days. No X-radiation had been given to this area at any time. As in the cervical nodes, the tumour shows necrosis and gross degeneration, with an increase of fibrotic stroma. There are no mitoses, and practically all the recognizable tumour cells show pyknotic nuclear degeneration. It is emphasized that the therapeutic effect was only pal-

[1] F. E. Lehmann, Verh. Vereins Schweizer Physiologen (Juni) (1942). – F. E. Lehmann, M. Lüscher, and W. Huber, Revue suisse Zool. *52*, 342, 349, 354 (1945). – F. E. Lehmann and H. Hadorn, Helv. physiol. pharmacol. acta *4*, 11 (1946). – R. Meier and M. Allgöwer, Exper. *1*, 57 (1945). – R. Meier and B. Schär, Exper. *3*, 358 (1947). – P. Dustin, Nature *159*, 794 (1947). – S. Zylberszac, Acta brevia Neerl. *9*, 240 (1939).

[2] E. Hadorn and H. Niggli, Nature *157*, 162 (1946).

[3] A. Levan and J. H. Tjio, Hereditas *34*, 250 (1948); ib. *34*, 453 (1948). – R. Parmentier and P. Dustin, Nature *161*, 527 (1948).

[4] E. Friedmann, D. H. Marrian, and I. Simon-Reuss, Brit. J. Pharmacol. *3*, 265 (1948); ib. *3*, 335 (1948).

[5] E. S. G. Barron, MDDC – 484. U.S.A.E.C. Rep. (1946) (Lecture at University of San Marcos, Lima).

[6] J. S. Mitchell and I. Simon-Reuss, l. c.

liative, the patient dying at 14 weeks after the beginning of the course of injections.

No histological evidence of toxic effects on any normal organs and tissues attributable to the compound has been found. The earlier cytological changes produced by the compound alone will be reported elsewhere. Probably the first change is temporary cell œdema, but the most obvious change is mitotic inhibition, with cytoplasmic and nuclear enlargement in some cells, and formation of bi- and multinucleate cells, with large nucleoli and chromo-centres. Although with the high concentrations used, chromosome stickiness and nuclear pyknosis are produced, appearances suggesting fragmentation of chromosomes can almost always be found. Anaphase bridges are only rarely produced by the compound alone, unlike X-rays.

Acknowledgements. The preparation of the compound used was "Synkavit" manufactured by Roche Products Ltd., of Welwyn Garden City. I wish to thank Dr. F. Wrigley for supplies of the compound.

I wish to thank Mr. E. W. Mitchell for his skilled technical help in the preparation of the photomicrographs, and Dr. A. M. Barrett, of the University Department of Pathology, for the sections.

J. S. Mitchell

Department of Radiotherapeutics, University of Cambridge, April 5, 1949.

Summary

Un certain nombre de malades atteints de diverses tumeurs malignes avancées ont été traités avec de fortes doses de tétra-sodium-2-méthyl-1, 4-naphtohydroquinone diphosphate, traitement combiné dans la plupart des cas à une thérapie palliative par les rayons X.

Les expériences histologiques confirment la réponse positive, obtenue par l'action des rayons X combinés à celle de la substance en question, dans un cas avancé de carcinome de la peau faciale, auparavant réfractaire au traitement par les rayons X. En outre, dans un cas de métastases de nœuds lymphatiques d'un adénocarcinome primaire du colon, les documents histologiques montrent la régression et la dégénérescence des cellules de la tumeur, effets exclusivement attribuables à la substance appliquée.

Der Übertritt von Fluorescein aus dem Blut ins Kammerwasser des normalen Menschen

Das Problem, ob Kammerwasser durch das Auge strömt oder ob nur ein Diffusionsaustausch zwischen Blut und Kammerwasser stattfindet, ist heute durch die Entdeckung der Kammerwasservenen beim Menschen[1] im Sinne der Strömung entschieden. Die nächsten Fragen, die sich aufdrängen, sind: 1. Wird das Kammerwasser des Menschen durch einen sekretorischen oder nur durch einen Filtrationsprozeß geliefert, und 2. wie groß ist die Durchflußmenge pro Minute?

Mit einem besonderen Spaltlampenfluorometer das wir andernorts beschrieben haben[2], wurde der Verlauf des Kammerwassergehalts an Fluorescein in 10 normalen Augen verfolgt, nachdem die Versuchspersonen 4 cm³ 10%iger Fluorescein/Natrium-Lösung intravenös erhalten hatten. Die Fluoresceinkonzentration der Vorderkammer wurde mit dem Ablauf der Konzentrationsänderung des Blutultrafiltrats verglichen. Es ergibt sich (Tabelle, Stab 6), daß regelmäßig die maximale Konzentration des Fluoresceins in der Vorderkammer eine Zehnerpotenz niedriger ist als das gleichzeitige Konzentration des freien Fluoresceins im Blute. Wasser tritt also beim normalen Menschen fluoresceinärmer in die Vorderkammer ein, als das Ultrafiltrat des Blutes ist. Der Vorgang der Kammerwasserbildung kann also keine Ultrafiltration sein.

Ausgehend von der bewiesenen Strömung des Kammerwassers ergibt die mathematische Analyse, daß, von der 20. bis zu der 25. Minute nach der intravenösen Fluoresceininjektion angefangen, der folgende Differentialansatz gültig ist:

$$\frac{dc_v}{dt} = (k_1+k_2)\, c_{Bl} \; - \; (k_1+v)\, c_v$$

Darin bedeutet c_v Konzentration des Fluoresceins in der Vorderkammer, c_{Bl} die gleichzeitige Blutkonzentration an freiem (ultrafiltrablem) Fluorescein. k_1 ist eine Konstante, die der Diffusion des Fluoresceins in und aus der Vorderkammer durch die Irisvorderfläche zugeordnet ist, k_2 eine Konstante, die den Eintritt des Fluoresceins aus der Hinterkammer in die Vorderkammer charakterisiert. v ist der Bruchteil des Vorderkammervolumens, der pro Minute durch Strömung ersetzt wird, wenn die Zeit in Minuten gerechnet wird. k_1, k_2 und v haben gleiche Dimension. $(k_1 + k_2)$ charakterisiert also den Eintritt von Fluorescein in die Vorderkammer, $(k_1 + v)$ seinen Austritt. $100 \cdot v$ ist das prozentuale Minutenvolumen der Vorderkammer. k_1 ist gegenüber v sehr klein, so daß $v \sim k_1 + v$ ist. Aus der Integration der obigen Formel läßt sich $k_1 + v$ bestimmen. Die Tabelle zeigt

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nr.	Name	Alter	Auge	Tension in mm Hg	$\frac{C_v\, max}{C_{Bl}}$	$k_1 + v$	V in mm³	v in mm³
1	D. Fred	32	o.d.	15	0,079	0,012	208	2,5
2	St. Max	37	o.d.	18	0,08	0,012	179	2,1
3	W. Hans	28	o.d.	17	0,082	0,012	197	2,3
4	R. Karl	29	o.d.	19	0,098	0,014	150	2,1
5	Sch. Herta	25	o.d.	21	0,067	0,01	186	1,9
6	E. Verena	19	o.d.	12	0,07	0,01	187	1,9
7	K. Hanna	21	o.d.	23	0,098	0,009	170	1,5
8	D. Gottlieb	61	o.d.		0,112	0,014		
9	B. Emma	67	o.d.	20	0,115	0,008	137	1,1
10	Ae. Rudolf	41	o.d.	16	0,16	0,008	216	1,7
					0,096	$0{,}011 \pm 0{,}0022$		1,9

Stab 5: Augendruck in mm Hg, nicht am Tage des Versuches bestimmt.

Stab 6: Verhältnis der Fluoresceinkonzentration im Kammerwasser zur Konzentration des freien Fluoresceins im Blut zur Zeit der maximalen Konzentration in der Vorderkammer. Versuchsperson 9 und 10 litten am nichtuntersuchten Auge an einer Iridozyklitis.

Stab 7: Siehe Text.

Stab 8: Volumen der Vorderkammer.

Stab 9: Kammerwasser-Minutenvolumen in mm³.

(Stab 7), daß das prozentuale Minutenvolumen des normalen Menschen 1,1% des Kammerinhalts ist. Bestimmt man in jedem Falle das Volumen der Vorderkammer[1] (Stab 8), so erhält man das Minutenvolumen der menschlichen Vorderkammer in mm³ zu rund 2 mm³ pro Minute (Stab 9).

Eine ausführliche Mitteilung dieser Versuche erfolgt in der Zeitschrift «Ophthalmologica».

H. Goldmann

Universitätsaugenklinik, Bern, den 28. April 1949.

[1] K. Ascher, Amer. J. Ophthalmol. *25*, 31 (1942); *27* (1944). – H. Goldmann, Ophthalmologica *111*, 146 (1946); *112*, 344 (1946).

[2] H. Goldmann, Schweiz. Ophthalmologenkongreß 1948. Ophthalmologica *117*, 240 (1949).

[1] H. Goldmann, Ophthalmologica *102*, 7 (1941). – M. Heim, Ophthalmologica *102*, 193 (1941).

Summary

Sodium-fluorescein was injected intravenously in human beings, and the concentration of fluorescein in the anterior chamber of normal eyes was measured and compared with the blood concentration of the ultrafiltrable part of fluorescein. When the concentration in the anterior chamber is highest it is about one tenth of the blood concentration of the diffusible fluorescein at the same time. Therefore the aqueous humour cannot be formed by ultrafiltration. By means of a mathematical analysis it is possible to evaluate the output of the human aqueous humour per minute from our measurements. It is 2 mm^3 per minute.

L'action de quelques dérivés de l'ergot de seigle sur la circulation rénale

Si les dérivés dihydrogénés de l'ergot de seigle sont surtout connus pour leur action sympathicolytique, ils manifestent d'autre part des propriétés vasoactives propres s'exerçant dans le sens d'une constriction[1]. L'effet tensionnel de ces substances paraît conditionné par l'antagonisme de ces deux composantes. Tandis que la dihydroergotamine (DHE) élève souvent la tension artérielle chez l'homme, on observe généralement chez les hypertendus une chute de pression après l'administration de dihydroergocornine (DHO) ou d'un mélange de 3 dérivés dihydrogénés (CCK)[2,3]. On a pu croire que la DHO était dépourvue de propriétés vasopressives directes[2].

Néanmoins, une analyse plus détaillée fait apparaître chez l'animal le double mécanisme de cette action vasculaire: on observe un effet hypotenseur immédiat et un effet hypertenseur secondaire. Chez l'animal néphrectomisé, le premier prédomine nettement[4]. Le rein se trouve ainsi une fois de plus au centre du problème de l'hypertension.

A la recherche d'un vasodilatateur rénal, nous poursuivions depuis un certain temps déjà des investigations destinées à préciser l'action vasculaire de ces substances sur le rein de l'homme. La communication de Bluntschli et Staub[4] nous incite à faire connaître certains de nos résultats.

Chez une douzaine de patients hypertendus et «normaux», nous avons déterminé suivant la technique usuelle[5] les clearances du thiosulfate de Na (C_T) et du *p*-aminohippurate de Na (C_{PAH}) avant et après l'administration i.v. lente ou s. c. de DHE, DHO et CCK. Chez l'un de ces sujets nous avons déterminé l'extraction rénale du *p*-aminohippurate dans les mêmes conditions, à l'aide d'une sonde de Cournand introduite depuis le pli du coude dans la veine rénale droite. Nous rappelons que C_T est égale au filtrat glomérulaire et C_{PAH} aux 90% environ du flux sanguin rénal exprimé en plasma. (Le flux sanguin réel peut être calculé, si l'on connaît l'extraction du PAH et l'hématocrite.) Durant nos expériences la pression artérielle a été mesurée au Riva-Rocci. Nous avons calculé la résistance des artères rénales en utilisant les formules de Lamport[6].

[1] E. Rothlin, Bull. Acad. Suisse Sci. Méd. *2*, 249 (1947).

[2] H. J. Bluntschli et R. H. Goetz, South African M. J. *21*, 382 (1947).

[3] A. Kappert, Helv. med. acta *15*, 422 (1948).

[4] H. J. Bluntschli et H. Staub, Exper. *5*, 46 (1949).

[5] H. W. Smith, *Lectures on the kidney* (Univ. of Kansas, Lawrence, 1943). – W. Goldring et H. Chasis, *Hypertension and hypertensive disease* (Commonwealth Fund, New York, 1944). – E. V. Newman, A. Gilman et F. S. Phillips, Bull. Johns Hopkins Hosp. *79*, 229 (1946).

[6] H. Lamport, J. Clin. Investig. *22*, 461 (1943).

Résultats

1° Des doses faibles de DHO ou de CCK (0,1 à 0,3 mg) ne produisent généralement pas d'effets appréciables sur une tension artérielle normale; chez les hypertendus, elles sont souvent dépressives. Le filtrat glomérulaire et le flux sanguin rénal ne sont pas affectés ou légèrement réduits.

2° Des doses de DHE, DHO ou CCK comprises entre 0,4 et 1,0 mg exercent sur la tension artérielle des effets divers, caractérisés souvent par une élévation consécutive à une baisse transitoire. Le filtrat glomérulaire ne varie pas de façon significative, mais *le flux sanguin rénal diminue constamment dans de fortes proportions.* Il s'ensuit une élévation marquée du rapport C_T/C_{PAH} (= F. F., fraction filtrée du plasma) et un accroissement considérable de la résistance rénale, celle de l'artère efférente se trouvant dans un de nos cas quadruplée (tableau I).

Tableau I

Hémodynamique rénale dans 3 cas. Les périodes sont en moyenne de 20 minutes. Les valeurs de contrôle sont données par les moyennes arithmétiques des 3 périodes précédant l'injection. P. A. = tension artérielle en mm de Hg; C_T et C_{PAH} = filtrat glomérulaire et flux plasmatique rénal en cm^3/min; F. F. = C_T/C_{PAH}; R_A, R_E, et R, respectivement = résistance afférentielle, efférentielle et totale en (mm Hg. min/cm^3) $\times 10000$.

Sujet	Période	P. A.	C_{PAH}	C_T	F.F.	R_A	R_E	R
K.	contrôle 1–3	180/95	524	90	0,172	778	100	878
	0,5 mg DHO i. v.:							
Hypertension essentielle	4	165/90	361	67	0,185	957	159	1116
	0,5 mg DHO i. v.							
	5	185/110	393	92	0,234	1095	207	1302
	6	190/105	272	78,5	0,288	1448	408	1856
S.	contrôle 1–3	140/80	868	106	0,121	312	37	349
	1,0 mg CCK i. v.:							
Néphrite	4	145/80	617	93	0,151	444	73	517
	5	150/75	697	118	0,170	390	75	465
	6	150/85	569	95,5	0,168	522	87	609
	7	155/90	510	88,5	0,173	630	103	733
R.	contrôle 1–3	115/68	465	77,5	0,167	318	107	425
	0,5 mg DHE i. v.:							
Psychopathie	4	130/80	429	81,0	0,189	512	133	645
	0,2 mg DHE i. v.:							
	5	140/80	356	79	0,222	625	208	833
	6	135/80	362	75,5	0,209	600	193	793

Tableau II

Extraction du *p*-aminohippurate de Na (PAH). Concentrations de PAH dans la veine rénale (R_{PAH}) et dans le sang périphérique (P_{PAH}) en mg %.

Temps	R_{PAH}	P_{PAH}	$Extraction_{PAH}$
Contrôle	0,32	2,20	0,855
0,7 mg CCK i. v.:			
25′ après injection	0,27	2,47	0,89
40′ après injection	0,34	2,47	0,865

3° L'extraction rénale du *p*-aminohippurate ne diminue pas à la suite de l'injection i. v. de 0,7 mg de CCK chez un hypertendu (tableau II). Ce fait signifie que la chute de C_{PAH} n'est pas due à un défaut d'excrétion tubulaire ni à l'ouverture de «shunts», mais qu'elle est réellement l'expression d'une ischémie rénale.

Conclusions

Des doses de 0,4 à 1,0 mg de DHE, DHO et CCK peuvent provoquer chez l'homme sain et hypertendu une réduction marquée du flux sanguin rénal. L'action constrictive s'exerce principalement sur l'artère efférente. Il ne nous est pas possible actuellement de dire dans quelle mesure l'ischémie rénale contribue à l'hypertension légère observée dans ces conditions. S'il existait une relation, on pourrait concevoir au moins 2 mécanismes, soit que l'accroissement de la résistance rénale suffise par lui-même à élever de façon appréciable la résistance périphérique totale, soit que l'ischémie du rein provoque la libération de substances vasopressives. F. Reubi

Clinique médicale de l'Université de Berne, le 24 février 1949.

Summary

The effects of dihydrogenated ergot derivatives (DHE, DHO, and CCK) upon the renal circulation have been investigated in normotensive and hypertensive patients, using the clearance techniques. Doses of 0·4—1·0 mg reduce the renal plasma flow markedly and increase the filtration fraction and the renal arteriolar resistance. The rise in blood pressure above the control levels occuring after a transitory fall might tentatively be explained on the basis of renal ischæmia.

Azione del 2-*N*-fenil-*N*-benzil-aminometil-imidazolo sulla diuresi sperimentale[1]

Nel quadro delle ricerche condotte in questo Istituto[2] sugli effetti del 2-*N*-fenil-*N*-benzil-aminometil-imidazolo e di altre sostanze antagoniste all'istamina in taluni reattivi biologici, si è esteso lo studio della loro azione sulla diuresi sperimentale nel coniglio a dieta costante.

Le sostanze studiate sono state le seguenti:

1° 2-*N*-fenil-*N*-benzil-aminometil-imidazolo (*Antistin*).

2° R.P. (*N*-dimetil-amino-2-propil-tiodifenilamina) (3277).

3° *N*-parametossibenzil-*N*-dimetilaminoetilamino-piridina (*Neoantergan*).

4° *N*-benzil-*N*-(dietilaminoetil)-anilina (2323).

La diuresi fu seguita attraverso il cateterismo vescicale che permette di seguire goccia a goccia l'eliminazione delle urine.

Quali diuretici furono usati il sale sodico dell'acido trimetilciclopentadicarbonio allilamido-mercurio (Novurit), la 1,3-dimetilxantina (Teocina), il cloruro di sodio e l'acqua.

Le conclusioni sono le seguenti:

1° Il 2-*N*-fenil-*N*-benzil-aminometil-imidazolo ed altri composti di comune proprietà antiistaminica somministrati per via endovenosa (mg 5–10/kg) o sottocutanea (mg 50–80/kg) a conigli fino a dosi tollerate (al massimo lievi fatti convulsivi) non lasciano rilevare alcuna influenza sulla diuresi normale.

2° Le stesse sostanze iniettate sottocute alle dosi indicate prima della introduzione di diuretici mercuriali (Novurit cm³ 0,05/kg) oppure somministrati nelle vene contemporaneamente ad essi (stessa dose), riducono l'effetto diuretico fino ad impedirlo completamente.

3° L'azione antidiuretica si prolunga per 4–5 ore circa. In qualche caso al termine di 2 o 3 ore, si verifica uno sblocco improvviso della diuresi che ha portato ad imponente emissione di urine (60 cm³ in 15 min.).

4° Somministrando una seconda volta i preparati *prima dello sblocco* si prolunga l'azione antidiuretica.

5° Questa azione antidiuretica resta limitata ai diuretici mercuriali. I diuretici purinici (teocina) che provocano nel coniglio intensa diuresi (g 0,05/kg) superiore in alcuni casi a quella mercuriale, non risultano ostacolati dalla iniezione endovenova dell'*Antistin*. L'eliminazione delle urine si svolge immodificata come nei controlli. Anche la diuresi salina (cm³ 20 di cloruro di sodio 9% *per os*) e quella acquosa (cm³ 50 *per os*) molto evidente nei controlli, non vengono influenzate.

6° La somministrazione del *N*-benzil-*N*-(dietil-aminoetil)-anilina (2323), (mg 10/kg i. v.) la cui azione verso i *tests* farmacologici dell'istamina è notevolmente inferiore a quella delle altre sostanze, svolge un'azione antidiuretica molto modesta.

Il differente effetto delle sostanze studiate sulla diuresi suggerisce un carattere differenziale importante fra i diuretici mercuriali, i purinici, l'acqua ed il cloruro di sodio.

La vigente attribuzione «antiistaminica» delle sostanze esaminate apre il quesito della partecipazione istaminica alla diuresi mercuriale. A. Paolini

Istituto di Farmacologia, Università di Roma, il 8 aprile 1949.

Summary

(1) Using the 2-phenylbenzylaminomethyl-imidazolin methansulfonic and other substances having the same antagonistic properties against histamine, the author has succeeded in delaying the mercurial diuresis in rabbits. Purinic and saline diuretics as well as water were not affected in their action.

(2) In the light of these findings it is also possible to differentiate the pharmacologic mechanism of the mercurial diuretics from those of the purinic diuretics and water.

Über die Verwendung von Radiojod (J^{131}) als Indikator der Schilddrüsenfunktion nach Einwirkung von Gonadotropin, männlichem und weiblichem Sexualhormon

Die innersekretorischen Drüsen beeinflussen sich gegenseitig durch mannigfaltige Wechselwirkungen, wobei oft die Hypophyse die übergeordnete Rolle spielt. Dies trifft namentlich für die bereits gut erforschten Zusammenhänge zwischen der Hypophyse und den Keimdrüsen einerseits (gonadotrope Hormone) sowie der

[1] Nota preliminare.

[2] V. Erspamer e A. Paolini, Exper. *2*, 455 (1946); Azione inibitrice di sostanze antiistaminiche nell'edema polmonare sperimentale da adrenalina. – IV Congresso Soc. ital. di Farmacologia, Roma, 15 Ottobre 1947. – F. Dordoni, Boll. Ocul. *25*, 1120 (1948).

Hypophyse und der Schilddrüse andererseits (thyreotropes Hormon), zu.

Wir haben nun versucht, durch die Bestimmung der relativen Speicherung (uptake) von Radiojod[1] J^{131} in der Thyreoidea[2] quantitative Angaben über die Schilddrüsenfunktion zu erhalten, welche Rückschlüsse auf die Hypophysentätigkeit gestatten. Dieses Vorgehen schien uns aussichtsreich, um zu untersuchen, ob injizierte Sexualhormone, welche hemmend auf das gonadotrope Hormon der übergeordneten Hypophyse wirken, auch die Ausschüttung des thyreotropen Wirkstoffes einschränken, d. h. eine Bremsung der Hypophysenfunktion *in toto* bewirken. Dies ist schon deshalb von praktischem Interesse, weil man annimmt, daß die im Klimakterium auftretenden Beschwerden auf einer Hypersekretion der Hypophyse beruhen, die durch den Wegfall der hemmenden Rückwirkung der Keimdrüsen bedingt ist. Auf diese Weise könnte man am Laboratoriumstier wertvolle Anhaltspunkte über die zu erwartende klinisch-therapeutische Wirksamkeit von Präparaten zur Bekämpfung der klimakterischen Ausfallserscheinungen gewinnen.

Die zunächst an einer kleinen Versuchsreihe unternommenen Tierexperimente haben die Annahme einer generellen Hemmung der Hypophyse bestätigt. Trotz der kleinen Zahl der verwendeten Tiere können die erzielten Resultate in Anbetracht der hohen Genauigkeit der Indikatorenmethode bereits als gesichert angenommen werden, weshalb sie, auch weil sie neue methodische Gesichtspunkte darstellen, mitgeteilt werden. Zu einem späteren Zeitpunkt soll über die Fortsetzung dieser Untersuchungen an einem größeren Tiermaterial berichtet werden.

Tierversuche. Als Untersuchungsmaterial dienten ausgewachsene weibliche Ratten von 170 bis 295 g Körpergewicht. Die Tiere wurden während der ganzen Versuchsdauer jodfrei ernährt und zweimal wöchentlich während zwei Monaten mit verschiedenen Hormonen subkutan injiziert. Verwendet wurden

1. *Gonadotropin* «Ciba», 100 E *pro dosi*, total 2000 E,
2. *Perandren*, 5 mg *pro dosi*, total 90 mg,
3. *Ovocyclin*, 0,5 mg *pro dosi*, total 10 mg.

Diese Mengen entsprechen, umgerechnet pro kg Körpergewicht, etwa einer 25–100fachen mittleren Dosis beim Menschen.

Am Ende der Vorbereitungsperiode wurde jedem Tier durch Schlundsonde in 1 cm^3 Lösung ca. 15–20 μc trägerfreies radioaktives Jod verfüttert und eine gleiche Menge als Standard beiseite gestellt. Die Tiere wurden nach 47 Stunden getötet und die Schilddrüse auspräpariert. Die Radioaktivität der Thyreoidea wurde in einem konstanten Abstand von 6,5 cm mit einem Geiger-Müller Zählrohr gemessen und mit dem Standardpräparat bei identischer Meßgeometrie verglichen. Zwischen dem Zählrohr und dem Präparat befand sich ein Hartholzwürfel von 5 cm Kantenlänge. Es wurde somit nur auf die γ-Strahlung abgestellt, wobei der Zählfehler der Apparatur in üblicher Weise korrigiert wurde. Die Resultate sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefaßt.

[1] Das verwendete Radiojod (J^{131}, $\frac{\tau}{2}$ = 8 Tage) wurde uns in zuvorkommender Weise von der U.S. Atomic Energy Commission, Oak Ridge, Tenn., geliefert.

[2] J. Perlman, J. L. Chaikoff und M. E. Morton, J. Biol. Chem. *139*, 433 (1941).

Stöße pro Minute

Injiziertes Hormon	Standardpräparat der verabreichten Menge J^{131}	Von der Schilddrüse aufgenommen	Aufnahme %
Kontrolle	1028	538	52,3%
Perandren.	569	181	31,9%
Ovocyclin	569	124	21,8%
	706	87	12,4%
Gonadotropin . . .	580	217	37,4%
	580	243	41,9%

Es zeigt sich also, daß die Behandlung mit starken Dosen von Sexualhormonen eine deutliche Hemmung der Jodspeicherung in der Schilddrüse bewirkt. Am stärksten ausgeprägt ist dieser Effekt für das Follikelhormon. Die histologischen Untersuchungen scheinen diese Tatsache zu bestätigen, indem bei den mit Sexualhormon behandelten Tieren eine deutliche Verkleinerung der Schilddrüsenbläschen im Vergleich zum normalen Bild festgestellt werden konnte. Auch zeigen die Epithelien morphologisch die Merkmale reduzierter Aktivität. (Die Thyreoideae der mit Gonadotropin behandelten Ratten wiesen dagegen eher leicht vergrößerte Bläschen auf.)

Es ist anzunehmen, daß diese Wirkung dadurch zustande kommt, daß die Hypophyse als Ganzes und damit auch die Ausschüttung des thyreotropen Hormons gehemmt wird. Immerhin wäre theoretisch auch eine direkte Beeinflussung der Thyreoidea durch die verabreichten Sexualhormone denkbar. Versuche, am hypophysektomierten Tier den Gegenbeweis zu erbringen, müssen von Anfang an daran scheitern, daß die Hypophysektomie auch die Ausschaltung des thyreotropen Faktors und damit eine wesentliche Herabsetzung der Jodspeicherung bewirken muß[1]. Wir haben daher an einem *in vitro*-Test mit überlebendem Schilddrüsengewebe[2] zu beweisen versucht, daß eine direkte Einwirkung auf die Thyreoidea nicht stattfindet.

Versuchsanordnung. Von einem frisch geschlachteten Ochsen wurde sofort die Schilddrüse entnommen und in körperwarmer Ringer-Lösung aufgefangen. Nach der von Morton und Chaikoff[3] angegebenen Technik wurde das Drüsengewebe in möglichst gleichmäßige Stücke zerlegt und diese in je 3 cm^3 Ringer-Lösung gebracht, der die entsprechenden Hormone[4] zugesetzt wurden. Die Konzentration entsprach der theoretisch höchstmöglichen Blutkonzentration bei den Versuchstieren. Die Gewebsstücke wurden während je ein und zwei Stunden bei 37° C in der hormonhaltigen Ringer-Lösung belassen, der wir nachher ca. 20 μc trägerfreies Radiojod zusetzten. Nach einer Stunde wurde die Gesamtaufnahme des Jods mit der gleichen Meßanordnung wie bei den Versuchen an der Rattenschilddrüse gemessen und direkt mit einem Standard verglichen. Die Aufnahme von Jod in den Gewebsstückchen betrug durchschnittlich 29% der zugesetzten Jodmenge. Die Schwankungen waren gering und zeigten keinerlei Gesetz-

[1] C. P. Leblond, P. Sue und A. Chamorro, C. R. Soc. biol. Paris *133*, 540 (1947).

[2] H. Schachner, A. L. Franklin und J. L. Chaikoff, Endocrinol. *34*, 159 (1944).

[3] M. E. Morton und J. L. Chaikoff, J. Biol. Chem. *147*, 1 (1943).

[4] Von der «Ciba» wurde uns in freundlicher Weise Fenocyclin-Na und Testosteronglukosid, welche beide wasserlöslich sind, zur Verfügung gestellt.

mäßigkeit. Unterschiede zwischen den Kontrollstückchen ohne Hormone und den Geweben aus den Hormonlösungen waren nicht feststellbar. Es erscheint daher wahrscheinlich, daß die Hemmung der Schilddrüsenfunktion auf dem Umweg über die Hypophyse erfolgt. Das Verfahren gibt somit Aufschluß über die hemmende Wirkung, welche Sexualhormone oder andere Substanzen auf die Hypophyse ausüben.

J. H. Müller und H. Aeppli

Radiologische Abteilung und Hormonlaboratorium der Universitätsfrauenklinik, Zürich, den 11. März 1949.

Summary

The function of the pituitary gland was studied by measuring the uptake of radioiodine (I^{131}) in the rat thyroid. High doses of previously injected sex hormones showed an inhibitory effect on the pituitary gland, demonstrated by a diminished uptake of radioiodine, which results from a lowered production of thyrotropic hormone. This procedure might be used as an indicator of the presumable clinical efficacy of hormones or other substances to be used in the menopausal syndrome.

PRO LABORATORIO

H_2-Detection in the Warburg Constant Volume Respirometer

A method has been worked out by which H_2, produced by bacterial and other tissues from different substrates, may be detected in the Warburg constant volume respirometer. The principle consists in absorbing the evolved hydrogen by colloidal palladium. The latter is prepared according to Paal *et al.*[1]. 150 mg Na-protalbinate[2] and 250 mg $PdCl_2$ are dissolved in 5 ml water containing 113 mg NaOH, reduced with H_2 at 60° during 2 hours, and dialysed. Before use an O_2-current is passed through the suspension, the latter precipitated with diluted H_2SO_4, and the precipitate dissolved again in slightly alcaline Na-picrate solution. We used a suspension containing 49 mg colloidal Pd and 220 mg picric acid, as Na-salt, in 12 ml. The activity of this suspension was controlled in the Warburg vessel by means of H_2 produced from Mg and H_2SO_4 (Table I).

Table I

Time in hours	Total vol. mm^3 H_2 in the vessel	mm^3 H_2 uptake/hour
0	322	62
1	260	50
2	210	56
3	154	44
4	105	46
5	59	28

As may be deduced from this table, a quantitative absorption is reached only after several hours, and the rate of uptake is dependent on the partial H_2-pressure.

For the detection of H_2 by this method, two Warburg manometers A and B are required. Both contain the substrate, buffer, and bacterial suspension. In the centre wall of A 0·3–0·4 ml colloidal Pd are introduced. If there is any H_2-production, its absorption will be noticed in A. This method may be used aerobically as well as anaerobically. Table II illustrates an experiment with H_2 produced by *E. coli* (strain K_3) from H·COOH in N_2 atm.

Table II

Warburg manometer	B	A
ml phosphate buffer $M/15$, p_H 7 .	0·5	0·5
ml glucose solution 4%	0·5	0·5
ml bacterial suspension	1	1
center well: ml colloidal Pd . . .	–	0·3
side-arm: ml KOH solution 10% .	0·1	0·1
H_2 mm^3/hour, measured.	710	654
Analogous experiment:		
H_2 mm^3/hour, measured.	139	74

Since aerobically O_2 is reduced, and both anaerobically and aerobically, the rate of absorption of H_2 by the colloidal suspension is usually smaller than its production rate by the tissues, there was no quantitative determination obtained in either case.

We are indebted to Prof. Dr. J. Gillis, Laboratory of Analytical Chemistry, University of Gent, for the kind permission to use the $PdCl_2$ of his laboratory.

J. de Ley

Biochemical Laboratory, Veterinary College, University of Gent, Belgium, February 14, 1949.

Zusammenfassung

Wasserstoff, der von Bakterien oder Geweben entwickelt wird, kann mit Hilfe der Warburg-Apparatur bestimmt werden. Hierbei wird kolloidales Palladium als Adsorbens verwendet.

[1] C. Paal and W. Hartman, Ber. Dtsch. chem. Ges. *43*, 243 (1910). – C. Paal and C. Amberger, Ber. Dtsch. chem. Ges. *38*, 1401 (1905).

[2] C. Paal, Ber. Dtsch. chem. Ges. *35*, 2195 (1902).

Nouveaux livres - Buchbesprechungen - Recensioni - Reviews

Livres reçus - Eingegangene Bücher Libri pervenutici - Books Received

Herrlicher Vogelflug, von C. G. Aymar (Verlag Werner Krebser & Co., Thun 1949) (248 pp. und 175 Abb.) (sFr. 22.–).

Sexual Endocrinology of Non-Mammalian Vertebrates, by L. H. Bretschneider, and D. de Wit (Elsevier Publishing Co., Inc., Amsterdam, 1947) (146 pp., 96 fig.) (Fl. 7.50).

Haustier und Mensch, von B. Klatt (Richard-Hermes-Verlag, Hamburg 1948) (96 pp., 56 Abb.) (DM 3.80).

Growth in Relation to Differentiation and Morphogenesis, by J. F. Danielli, and R. Brown (University Press, Cambridge, 1948) (365 pp.) (2/9).

Report of the Medical Research Council for the Years 1939–1945 (H. M. Stationery Office, London, 1947) (7/6).

Submicroscopic Morphology of Protoplasm and its Derivatives, by A. Frey-Wyssling (Elsevier Publishing Co., Amsterdam, 1948) (255 pp.) (Fl. 15.90).

Kompendium der Homöotherapie, von E. Scheidegger (Verlag Paul Haupt, Bern 1948) (186 pp.) (sFr. 9.50).

Blutgruppenauswertung für Vaterschaftsprozeß, Kriminalistik und Rassenforschung, von K. Dürr (Verlag Wirtschaft und Recht, Bern 1947) (72 pp., 1 Taf.) (sFr. 6.50).

The Rh Blood Groups and Their Clinical Effects, by P.L.Mollison, A. E. Mourant, and R. R. Race (H. M. Stationary Office, London, 1948) (1/6).

Die funktionelle Organisation des vegetativen Nervensystems, von W. R. Heß (Verlag Benno Schwabe & Co., Basel 1948) (255 pp., 80 Abb.) (sFr. 18.50).

Les diastases, par P. Fleury et J. Courtois (Collection Armand Colin, Paris 1948).

Revues - Zeitschriften - Riviste - Journals

A new journal is about to be launched under the auspices of the International Society for Cell Biology.

Experimental Cell Research

will publish papers dealing with experimental analysis of the activity, structure and organization of the cell and its subunits, including work on virus. Technical or theoretical papers aiming at the further development of methods in the field of experimental cytology will also be included. Papers may be submitted in English, French, or German.

Experimental Cell Research will be edited by TÖRBJORN CASPERSSON, Stockholm; HONOR FELL, Cambridge, England; JOHN RUNNSTRÖM, Stockholm; FRANCIS O. SCHMITT, Cambridge, Mass.; PAUL WEISS, Chicago, Ill.; RALPH W. C. WYCKOFF, Bethesda, Md.; J. F. DANIELLI, London, will act as editor of communications from the Society for Cell Biology.

Authors residing in the Western hemisphere should send their papers to U.S. editors; those residing in the British Isles should mail them to Dr. HONOR FELL, Cambridge; papers originating in other countries should be forwarded to the Scandinavian editors.

One volume, consisting of four issues, will be published annually.

The new journal will be released under the imprint of Academic Press, Inc., New York, N.Y.

June, 1949.

Informations - Informationen - Informazioni - Notes

SUISSE

Congrès

Société helvétique des Sciences naturelles

129e Session annuelle à Lausanne
du 3 au 5 septembre 1949

Programme général

1er jour

08.00 Séances de sections.
10.30 *Assemblée administrative* (Aula de l'Université, Palais de Rumine).
14.00 Séances de sections.
16.00 Discours d'ouverture du président annuel, M. le Prof. F. COSANDEY, recteur de l'Université de Lausanne: *Protégeons les tourbières suisses* (avec projections); Aula de l'Université.
17.30 Conférence de M. M. WALDMEIER, professeur d'astronomie à l'E.T.H. et à l'Université de Zurich: *Radiowellen aus dem Wellenraum* (avec film); Aula de l'Université.
19.30 Banquet d'ouverture et soirée récréative au Restaurant du Comptoir suisse.

2e jour

08.00—10.00 Séances de sections (éventuellement 8—12 h.).
10.00 Commémoration du 200e anniversaire de la naissance de Gœthe (divers exposés); Aula de l'Université.
10.00 *Le Mont-Blanc*, projections et commentaires par M. le Prof N. OULIANOFF, de l'Université de Lausanne.
12.30 Déjeuner par sections dans divers restaurants.
14.30 Départ en bateau pour le tour du Haut-Lac, avec arrêt au château de Chillon.
21.00 Réception dans les salles du Musée des Beaux-Arts (Palais de Rumine) par le Conseil d'Etat et la Municipalité de Lausanne.

3e jour

08.00 Séances de sections.
10.30 Conférence de M. A. DALCQ, professeur à la Faculté de Médecine de l'Université libre de Bruxelles: *La morphogénèse* (avec films).
12.30 Banquet de clôture au Casino de Montbenon.

Corrigendum

L. A. PÁLOS: *Protecting Effect of Heparin on the Oxidation of Thrombin*, Exper. *5*, 207 (1949).

The author calls our attention to the fact that an error has occured in his drawing. The designation of the longest curve (Toluidine blue 25 γ/ml, which lies between the two curves Thrombin + Disaccharid and Thrombin + Amylum) is incorrect. The designation must read here: *Thrombin 30 E/ml.*

Neuerscheinungen Juli/August 1949

BALLISTISCHE STÖRUNGSTHEORIE

unter besonderer Berücksichtigung der Witterungseinflüsse

von

RAYMUND SAENGER

Professor an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich
Oberstleutnant der Artillerie

unter Mitwirkung von

ERNST ROTH, dipl. Mathematiker ETH. Dr. BENNO ZWICKER, dipl. Physiker ETH.

240 Seiten mit 20 Abbildungen In Ganzleinenband Fr. 14.50

INHALT: Einleitung – Allgemeine ballistische Störungstheorie – Störungen der Luftdichte – Reduzierbarkeit der Geschützhöhe auf Bezugshöhe der Flugbahnkarte – Expliziter ballistischer Temperatureffekt – Die verallgemeinerten Darrieusschen Formeln – Der Wind als Störung der Normalflugbahn – Der ballistische Wind – Terrestrische Störungen – Meß- und Auswerteverfahren des ballistischen Wetterdienstes – Anhang.
Diese Schrift gibt eine mathematische Erläuterung der in Artilleriegeschoßbahnen auftretenden Störungseinflüsse, insbesondere der wetterbedingten Störungen und ihrer Berücksichtigung im praktischen Schießen. Neben dem Ballistiker und modernen Artilleristen dürfte das Buch auch bei Vertretern der angewandten Mathematik Interesse finden.

TECHNISCHE HYDRAULIK

von

CHARLES JAEGER

Docteur ès sciences techniques
Privatdozent an der Eidg. Techn. Hochschule in Zürich
Special lecturer at the Imperial College, London

480 Seiten mit 303 Abbildungen In Ganzleinenband Fr. 48.50, broschiert Fr. 44.50

INHALT: Physikalische Grundlagen der Hydraulik – Stationäre Strömungen – Nichtstationäre Strömungen – Die Grundwasserströmung – Anhang.
Im Rahmen dieser Arbeit sind die unter dem Begriff «technische Hydraulik» bekannten, für die Projektierung von Wasserkraftanlagen notwendigen Berechnungsmethoden dargestellt, wobei die engere Auswahl des Stoffes auf Grund langjähriger Erfahrungen in der Berechnung von Wasserkraftanlagen getroffen wurde. Noch vor einem Jahrzehnt wurde von bekannten Hydraulikern die Meinung vertreten, das hydraulische Rechnen setze «eine Art besonderer hydraulischer Begabung voraus, ein ausgesprochenes Gefühl für das, was hydraulisch möglich oder nicht möglich ist». Dieser Standpunkt kann heutzutage berichtigt werden, indem wir feststellen, daß neuerdings die Möglichkeit besteht, eine *technische Hydraulik* aufzubauen, die das hydraulische Rechnen fast gänzlich von diesem früher notwendigen «hydraulischen Gefühl» unabhängig macht.

Zu beziehen durch die Buchhandlungen

VERLAG BIRKHÄUSER BASEL (Schweiz)

ELEMENTE DER MATHEMATIK

Revue de mathématiques élémentaires
Rivista di matematica elementare
Zeitschrift zur Pflege der Mathematik und zur Förderung des mathematisch-physikalischen Unterrichts

Organ für den Verein Schweizerischer Mathematiklehrer

Die Zeitschrift hat in ihrem Arbeitsbereich Abhandlungen aus allen Gebieten der reinen und angewandten Mathematik, der mathematischen Physik und der Geschichte der Mathematik aufgenommen, die für ein breiteres Publikum von allgemeinem Interesse sind. Sie versucht, durch Forschungsberichte und Literaturübersichten die Verbindung zwischen der Schulmathematik und der wissenschaftlichen Forschung aufrechtzuerhalten. Die zahlreichen Aufgaben, für die eine besondere Rubrik reserviert wurde, sollen dem Lehrer mannigfache Hinweise für den Unterricht geben.

Abonnementspreis für jährlich 6 Hefte im Umfang von je 24 Seiten Fr. 7.– (Ausland Fr. 10.–)
Einzelnummer Fr. 1.80

Abonnementsbestellungen durch jede Buchhandlung

VERLAG BIRKHÄUSER AG.
BASEL (SCHWEIZ)

Im Rahmen der *Beihefte zur Zeitschrift «Elemente der Mathematik»* erscheint eine Reihe kurzer

Biographien über Schweizer Mathematiker

Neben den wichtigsten Daten, einer Charakteristik der Persönlichkeit und der Würdigung des Werkes an Beispielen enthält jedes Heft mehrere Illustrationen.

Bereits sind erschienen:

JAKOB STEINER – Beiheft Nr. 2, par Dr. L. Kollros, professeur à l'E. P. F. (en langue française). Avec deux portraits et un fac-similé.

LUDWIG SCHLÄFLI – Beiheft Nr. 4, von Dr. J. J. Burckhardt, Professor an der Universität Zürich. Zwei Porträts, zwei Strichzeichnungen und ein Faksimile.

LEONHARD EULER – Beiheft Nr. 3, von Dr. R. Fueter, Professor an der Universität Zürich. Mit zwei Porträts und einem Faksimile.

JOST BÜRGI und die Logarithmen, von Dr. E. Voellmy, Basel. – Beiheft Nr. 5. Ein Porträt und zwei farbige Wiedergaben der ersten Logarithmentafeln aus dem Jahre 1620.

Jedes Heft hat einen Umfang von 24 Seiten und kostet Fr. 3.50.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung
VERLAG BIRKHÄUSER - BASEL